بسم الله الرحمن الرحيم



جامعة النيلين

كلية الدراسات العليا

كلية الآداب - قسم الجغرافيا

التّبَايُنْ الزّمَنِي لمُعدّلاتِ الأمْطَار وعَلاقَتُهُ بِالمُتَغْيّراتِ المُنَاخِيّة في ولايَة الخُرطُومْ خِلَال الفَتْرةِ مِنْ 1967 – 2016م

بحث تكميلي لنيل درجة الماجستير في الجغرافيا

إعداد الطالب :

علي أحمد آدم أحمد

إشراف الدكتور:

خوجلي سليمان حاج حامد

1441هـ - 2020م

...الآيـــــــة...

بسم الله الرحمن الرحيم

قال تعالي:

(إِنَّ فِي خَلْقِ السَّمَاوَاتِ وَالأَرْضِ وَاخْتِلاَفِ اللَّيْلِ وَالنَّهَارِ وَالْفُلْكِ الَّتِي تَجْرِي فِي الْبَحْرِ بِمَا يَنفَعُ النَّاسَ وَمَا أَنزَلَ اللّهُ مِنَ السَّمَاءِ مِن مَّاءٍ فَأَحْيَا بِهِ الأرْضَ بَعْدَ مَوْتِهَا وَبَثَّ فِيهَا مِن كُلِّ دَآبَّةٍ وَتَصْرِيفِ الرِّيَاحِ وَالسَّحَابِ الْمُسَخِّرِ بَيْنَ السَّمَاءِ وَالأَرْضِ لآيَاتٍ لِّقَوْمٍ يَعْقِلُونَ)

(سورة البقرة الآية "164")

...الإهداء...

إلي من تتسابق من أجلها الكلمات,..نبع العطاء والحنان...

إلي التي علمتني وعانت الصعاب لأصل إلي ما أنا فيه...أمي الحبيبة

إلي من كانوا يضيئون لي الطريق، رمز المودة والوفاء... إخوتي وأخواتي

إلي التي وقفت بجانبي... زوجتي

إلي فلذة كبدي...إبني أحمد

إلي قسم الجغرافيا بجامعة النيلين

إلي كل من اختصني بالنصح ووقف بجانبي

إليهم جميعاً أهدي هذا الجهد العلمي المتواضع راجياً من المولي عز وجل أن يجد القبول والنجاح.

الباحث

...شكر وعرفان...

أتقدم بخالص الشكر الجزيل والعرفان بالجميل والإحترام والتقدير لمن غمرني بالفضل وأختصني بالنصح وتفضًّل علي بقبول الإشراف علي رسالة الماجستير، أستاذي ومعلمي الدكتور خوجلي سليمان حاج حامد وأشكره علي ما قدمه من توجيهات قيمة ورعاية وإهتمام ونصح وإرشاد ليخرج هذا البحث إلي النور.

كما أتقدم بالشكر الخالص للدكتور محمد كباشي عبدالله لما قدمه لي مساعدة ونصيحة حتي تخرج هذه الدراسة بصورتها النهائية، وختاماً لا يسعني إلا أن أقدم تحية شكر وتقدير لوالدتي الحنون وأشقائي وشقيقاتي وزوجتي وزملاء المهنة وزملاء الدراسة، والشكر لله سبحانه وتعالي من قبل ومن بعد.

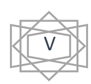
الباحث

مستخلص الدراسة:

تهدف هذه الدراسة إلي إستكشاف العلاقة بين تباين معدلات الأمطار في منطقة الدراسة وعلاقته بالمتغيرات المناخية ،كما هدفت الدراسة الي شرح توزيع مراكز الضغط الجوي فوق قارة إفريقيا وتأثيرها علي حركة الرياح الموسمية السائدة.كذلك هدفت الدراسة الي توضيح التباين الشهري والسنوي لمعدلات الامطار من خلال إستخدام المتوسطات المتحركة والسلاسل الزمنية، وقد قام الباحث بإستخدام معادلة التذبذب ومعادلة التغير لمعرفة السنوات التي كانت فيها معدلات الامطار دون المعدل العام وتحديد سنوات الجفاف. توصلت الدراسة الي ان الامطار بمنطقة الدراسة ترتبط بصورة مباشرة بهبوب الرياح الموسمية الجنوبية الغربية الرطبة شمالاً من مراكز الضغط الجوي المرتفع فوق المحيطين الاطلسي والهندي،وأن إرتباط الامطار وتوزيعها مرتبط بحركة جبهة الالتقاء المدارية، ويلعب منخفض السودان الموسمي دوراً هاماً في جذب الرياح الموسمية الجنوبية الغربية الرطبة والتي تؤثر علي حركة جبهة الالتقاء المدارية في المناطق الشرقية وبالتالي تكون امكانية الهطول كبيرة.وتوصلت الدراسة ايضاً الي ان إمتداد جبهة الالتقاء المدارية إلي أبعد من دائرة العرض 20º شمالاً يزيد من كمية الامطار ويسبب فيضانات النيل كما حدث في العام 1988م، وعندما تعجز جبهة الالتقاء المدارية عن الوصول الي دائرة العرض 18º شمالاً تكون الامطار قليلة ويعم الجفاف مثلما حدث في الفترة 1983-1984 و1990. وأثبتت نتائج الدراسة أن سقوط الامطار في منطقة الدراسة مرتبط بنظام هبوب الرياح الجنوبية الغربية الرطبة وحركة الفاصل المداري تقدماً وتقهقراً، وايضاً أثبتت النتائج ان هناك علاقة إرتباطية وطيدة بين إرتفاع وإنخفاض درجات الحرارة والأمطار، لما لها من تأثير قوي علي توزيعات الضغط الجوي والرياح الرطبة وبالتالي تؤثر علي كمية الأمطار الساقطة في منطقة الدراسة.بالرجوع الي فرضيات البحث فقد ثبت أن هناك تباين في معدلات الامطار خلال مدة الدراسة يعود سببه الي تذبذب في حركة المنخفض السوداني الموسمي وتأثير القوة الاندفاعية للتيار النفاث المداري الشرقي علي إمتداد جبهة الالتقاء المدارية شمالاً مما تسبب في قلة معدلات الامطار خلال فترة البحث،كما تبين ان الاتجاه العام للامطار من خلال تحليل السلسلة الزمنية للفترة من 1987-2016م يتجه نحو الزيادة.وأن احتمالية سقوط امطار دون المعدل العام تتراوح نسبتها ما بين 47-98% وهي نسبة كبيرة جداً تدل علي أن منطقة الدراسة تتسم بالتباين في معدلات امطارها السنوية.

Abstract:

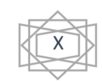
The aim of this study is to explore the relation between rainfall rates varying in the study area and its relation to climate variables, and to explain the distribution of atmospheric pressure centers over Africa and their impact on the prevailing monsoon movement. The study also aimed to illustrate the monthly and annual variation of rainfall rates through the use of moving averages and time series. The researcher also used the oscillation equation and the Variation equation to determine the years when rainfall rates were below the overall rate and to determine the years of drought. The study found that precipitation in the study area is directly related to wet southwest monsoon winds from high atmospheric pressure centers over the Atlantic and Indian Oceans, and that the correlation and distribution of rainfall is linked to the movement of the Inter tropical Convergence front. The study also found that the extension of the Inter tropical Convergence front beyond the 20ºnorth latitude increases the amount of precipitation and causes the Nile floods as in 1988, and that when Inter tropical Convergence front fails to reach the 18ºnorth latitude, there is less rain and drought as in 1983-1984 and 1990. The results of the study demonstrated that rainfall in the study area was linked to the system of wet southwest wind gusts and the movement of the Inter tropical Convergence front, and also demonstrated that there was a strong correlation between high and low temperatures and rainfall, which had a strong impact on atmospheric pressure and wet wind distributions and thus affected the amount of rainfall in the study area. By reference to research hypotheses, it has been established that during the duration of the study there was a variation in rainfall due to an oscillation in the movement of the seasonal Sudanese low and the influence of the Eastern Tropical Jet Stream's impulse force along the Inter tropical Convergence front to the north causing less rainfall during the research period. It was also found that the general trend of rain, through an analysis of the time series for the period 1987-2016, tends to increase, and the very high probability of below-average rainfall of 47-98% indicates that the study area is varies in its annual rainfall.



جدول المحتويات









قائمة الأشكال:

قائمة الجداول:



قائمة الخرائط:

الفصل الأول

خطة البحث

1-1:مقدمة

من الأمور الرئيسية التي يهتم بها علماء المناخ والهايدرولوجيا تباين الأمطار مكانياً وزمانياً،بحيث يندر أن يتساوي المطر بموقع معين بنفس الوقت وفي نفس الموعد خلال سنوات مختلفة (طه،2012م).

تعد الأمطار أحد أهم عناصر المناخ ومظاهر التساقط ذات الصلة الوثيقة بمختلف جوانب الحياة، فهي تختلف في معدلاتها ومواسم هطولها من إقليم لآخر، فكمية الأمطار ومواسم تساقطها لها تأثير مباشر في ديمومة الحياة لأي إقليم علي سطح الأرض ،فهي المصدر الرئيسى لتلبية متطلبات السكان في ممارسة بعض الأنشطة الإقتصادية الهامة للحياة.

تتباين الأمطار زمانياً ومكانياً في مناطق السودان بصورة عامة من شهر لآخر ومن سنة لأخري، إذ تتصف بالزيادة أو النقصان عن المعدلات الشهرية والسنوية وهي صفة طبيعية في المناطق الجافة وشبة الجافة.(البشير،2015م) ،وإن هذا التباين في كمية الأمطار جعل هنالك سنوات تتميز بإرتفاع كمياتها عن معدلاتها العامة وأخري تنخفض فيها كمية الأمطار بشكل واضح. ومن هنا جاءت هذه الدراسة لمعرفة أسباب التباين في كمية الأمطار السنوية وعلاقتها الإرتباطية بالعناصر المناخية خلال الفترة من 1967 – 2016م.

2-1:مشكلة البحث:

تكمن مشكلة البحث في التباين في معدلات الأمطار والتي تشهد سنوات إرتفاع وإنخفاض في كمياتها الساقطة. لذلك تحاول الدراسة الإجابة عن التساؤلات التالية:

1- ما هى الأسباب والعوامل التي أدت إلي تباين كمية الأمطار في منطقة الدراسة؟

2- ما أعلي وأقل تباين تم تسجيله وفي أي سنة خلال مدة الدراسة؟

3- ما مدي العلاقة بين الأمطار والمتغيرات المناخية ؟

4- هل الشكل العام لإتجاه الأمطار خلال فترة الدراسة نحو الزيادة أم النقصان؟

5- هل يوجد تذبذب في كميات الأمطار بمنطقة الدراسة علي المدي الزمني الشهري والسنوي خلال مدة الدراسة؟

6- ما إحتمالية حدوث تكرار كمية معينة من الأمطار؟

1-3:أهمية البحث:

تبرز أهمية البحث في أنه محاولة لتقديم تفسير علمي لأسباب تباين كميات الأمطار خلال الخمسين سنة الماضية ، بجانب دراسة المطروتباينه كعنصر مناخى مهم جداً له علاقة مباشرة بحياة الناس المعيشية مقارنة بعناصر المناخ الأخري، ودور المتغيرات المناخية في حدوث ذلك التباين وتوضيح العلاقة الإرتباطية بينها.

كذلك تكمن أهمية الدراسة في إجراء التحليلات الإحصائية للبيانات المناخية بإستخدام طرق التحليل الإحصائية والرياضية المناسبة، وصولاً إلي تفسير أكثر مصداقية وواقعية.

1-4:أهداف البحث:

إن الهدف الأساسي من هذه الدراسة هو إبراز العلاقة بين الأمطار والعناصر المناخية (الإشعاع الشمسي ودرجة الحرارة، الرطوبة النسبية والتبخر، الضغط الجوي والرياح) ، ويُمكن ذلك من خلال تحديد العوامل والمتغيرات التالية:

1- تحديد موقع جبهة الالتقاء المدارية وعلاقتها بكمية الأمطار السنوية الساقطة بمنطقة الدراسة.

2- توزيعات الضغط الجوي فوق قارة إفريقيا وتأثيراتها علي حركة الرياح الموسمية والمحلية من خلال دراسة دور المنخفض السوداني الموسمي و التيار النفاث المداري الشرقي وعواصف الهبوب.

3- توضيح التذبذبات الزمانية في كميات الأمطار لتحديد سنوات الجفاف في منطقة الدراسة.

4- تقييم الإتجاه العام للأمطار في منطقة الدراسة وتحديد إتجاهها المحتمل هل هو نحو الزيادة أم التناقص؟ مع تحديد إحتمالية تكرار كمية معينة من الأمطار.

5-1:فروض البحث:

تقابل الأسئلة المطروحة مع مشكلة البحث الفرضيات التالية:

1- هناك تباين كبير في كميات الأمطار خلال مدة الدراسة .

2- تلعب بعض المتغيرات المناخية دوراً هاماً في تباين الأمطار.

3- توجد علاقة إرتباط بين التباين في كمية الأمطار والمتغيرات المناخية.

4- وجود إختلاف وتذبذب في كميات الأمطار الساقطة من سنة لأخري خلق سنوات جفاف مناخي بمنطقة الدراسة.

5- يتوقع تزايد في كميات الأمطار خلال السنوات الأخيرة من فترة الدراسة.

6-1:منهجية البحث:

1-6-1:المنهج التاريخي:

من المناهج التي أعتمد عليها الباحث لدراسة عناصر المناخ والأمطار ، نظراً لأهمية السجلات التاريخية للبيانات المناخية في منطقة الدراسة، وتحديد الفترة التاريخية التي تحتاج إلي دراسة وتحليل.

2-6-1: المنهج الإحصائي الوصفي:

أعتمد الباحث لإكمال هذا البحث علي أسلوب المنهج الاحصائي الوصفي الذي يقوم على وصف بيانات حول ظواهر أو غيرها من الخصائص التي تقوم عليها الدراسة، كما يضع إجابات

للتساؤلات التي يطرحها البحث، والتي تبدأ بمن أو كيف أو أين وغيرها، أمّا الفكرة الكامنة للمنهج الاحصائي الوصفي فتقوم على عرض ودراسة عدد من الحسابات الإحصائية، مثل : المتوسّط الحسابي،الإنحراف المعياري، معامل الإختلاف وحساب الإرتباط، ويعتبر المنهج الاحصائي الوصفي من أكثر مناهج البحث إستخداماً من قبل الباحثين، وذلك بسبب النتائج الدقيقة التي يقدمها، كما يساعد في التعرّف على أسباب حدوث مشكلة البحث.

1-7:الأساليب الإحصائية التي إتبعتها الدراسة:

إستُخدِم خلال الدراسة عِدة طرق ومقاييس إحصائية مثل :

المتوسطات والمتوسطات المتحركة،التباين والإنحراف المعياري، الإرتباط، وأيضاً السلاسل الزمنية لتحديد الإتجاه العام للأمطار، كما تم إستخدام برنامج Microsoft Office Excel والحزم الإحصائية للعلوم الإجتماعية (SPSS) Statistical Packages for Social Sciences لإنشاء قاعدة بيانات مناخية بغرض حساب المعدلات الشهرية والسنوية والإنحراف المعياري ومعامل الإرتباط وإستخراج وتمثيل الجداول والرسوم البيانية كما إستخدم الباحث برنامج Arc GIS لإنتاج الخرائط ، ومن الطرق المتبعة لإتمام الدراسة:

1-7-1: فترات الرجوع وإحتمالية التجاوز: Return Periods and Exceedence Probability

تستخدم طريقتا فترة الرجوع والإحتمالية للتعرف علي تكرار سقوط كمية أمطار معينة. ويقصد بفترة الرجوع متوسط المدة الزمنية بالسنين بين سقوط كمية معينة وسقوط كمية مماثلة لها أو أكبر منها. أما الإحتمالية فتشير إلي سقوط كمية معينة أو كمية أكبر منها. وحيث أن فترة الرجوع تعد متوسطاً للفاصل الزمني بين حدوث حالات (Events) وقعت خلال عدد كبير من السنين.

ولتحديد الفترة اللازمة لتكرار كمية معينة أو أعلي منها نطبق المعادلة التالية بعد أن نكون رتبنا القيم تنازلياً.(بوروبة،2002م)

المعادلة رقم (1) وهي: $T = \frac{n+1}{m}$

T = الفترة الزمنية المتوقعة لتكرار كمية معينة من الأمطار أو تزيد عنها

N = عدد سنوات السلسلة الزمنية

M = رتبة الكمية المقصودة بالنسبة إلي جميع الكميات الواردة في السلسلة الزمنية

أما إحتمالية التجاوز فيتم إحتسابها عن طريق المعادلة التالية.(المرجع السابق)

المعادلة رقم (2) وهي: $P = \frac{1}{T} = \frac{m}{n+1}$

P= Probability إحتمالية التجاوز

T= Return Period فترة الرجوع بالسنين

M= Rank رتبة كمية الأمطار

N= Number of Years عدد السنوات خلال فترة التسجيل

ويتم التعبير غالباً عن هذين المفهومين من خلال المنحنيات البيانية ، بحيث يمثل المحور السيني سنوات الرجوع ، ويمثل المحور الصادي إحتمالية التكرار لكل قيمة من القيم الموجودة.

2-7-1: تذبذب الأمطار: "Rains Oscillation"

يقصد به الإختلاف في كمية الأمطار الساقطة بالزيادة أو النقصان ،بعبارة أخري التباين عن المعدل العام للأمطار ويحسب بقسمة متوسط الأمطار علي الإنحراف المعياري.(شرف،1961)

المعادلة رقم (3) وهي:

$$100 \times \frac{\text{متوسط الامطار}}{\text{الانحراف المعياري}}$$

جاءت العلاقة بين نسب التذبذب وكمية الأمطار عكسية ،حيث تقل نسبة التذبذب كلما زادت كمية الأمطار بينما تكون العلاقة طردية بين كمية الأمطار والإنحراف المعياري، بحيث تزداد قيم الإنحراف المعياري كلما زادت كمية الأمطار.

1-8:حدود البحث:

1-8 -1:الحدود المكانية:

تجري هذه الدراسة فى ولاية الخرطوم التي تقع بين خطي طول 31.45 °- 34.15° شرقاً ودائرتي عرض 15.5 °- 16.45° شمالاً بمساحة تزيد عن 21,800كم² ومتوسط إرتفاع 380م فوق مستوي سطح البحر.(ديوان الحكم الاتحادي،2017م)

1-8-2:الحدود الزمانية:

شملت تحليل معدلات الأمطار وعناصر المناخ التي تم الحصول عليها من هيئة الإرصاد الجوي بالخرطوم لمدة 50 عام خلال الفترة من 1967م – 2016م، وقد قام الباحث بتقسيم هذه المدة إلي فترتين 30 سنة لكل فترة لتمثل فترة مناخية مع وجود تداخل بينهما.

1-9:مصادر المعلومات:

1-9-1:مصادر أولية:

تتمثل في البيانات التي تحصل عليها الباحث من الهيئة العامة للإرصاد الجوية لمحطة شمبات الزراعية لخمسين سنة .

1-9-2:مصادر ثانوية:

وتتمثل في الكتب والمراجع التي إستند عليها الباحث إضافة إلي الدراسات السابقة ذات الصلة بالموضوع وبعض الدوريات.

10-1:الصعوبات التي واجهت الباحث:

من أهم الصعوبات التي واجهت الباحث هي صعوبة الحصول علي بعض بيانات العناصر المناخية كالتبخر والتي تم التغلب عليها وإستكمالها من بعض الدراسات السابقة ومواقع الإرصاد الجوية الخاصة بالبيانات المناخية من شبكة الإنترنت، وهي بيانات قائمة علي إستخدام المتوسطات الحسابية.

كذلك قلة الدراسات التي تناولت تباين الأمطار وعلاقته بالعناصر الأخري للمناخ علي المستوي المحلي والإقليمي. معظم الدراسات التي إعتمد عليها الباحث دراسات علي هيئة أوراق ورسائل علمية تناولت موضوعات محددة عن عنصر من عناصر المناخ.

11-1:تنظيم البحث:

- الفصل الأول يمثل خطة البحث ويتكون من : مشكلة الدراسة وأهدافها وأهميتها مع توضيح الفروض، بالإضافة إلي المنهجية المتبعة والأساليب والأدوات الإحصائية لإجراء الدراسة ، وحدودها ومصادر جمع المعلومات.
- الفصل الثاني يستعرض الإطار النظري والمفاهيم والدراسات السابقة ذات الصلة بالموضوع بجانب إستعراض لأهم الدراسات السابقة وتقييمها.
- تناول الفصل الثالث الجغرافيا الطبيعية والبشرية لمنطقة الدراسة ، من حيث موقع المنطقة الفلكي والجغرافي، تركيبها الجيولوجي، مظاهر السطح وأهم مصادر المياه المتوفرة بالمنطقة، وغطائها النباتي، كما تناولت الدراسة عامل السكان، إستخدام الأرض وأهم الخدمات.
- الفصل الرابع تطرق فيه الباحث إلي دراسة عناصر المناخ بالتفصيل بدءً بالإشعاع الشمسي وقياسه ، درجات الحرارة وتوزيعها الشهري والسنوي ، الضغط الجوي مع شرح للتوزيع الموسمي لأهم مناطق الضغط الجوي فوق قارة إفريقيا ، الرياح السائدة بمنطقة الدراسة، طبيعة الأمطار وتوزيعها الشهري والسنوي، تغيرات الأمطار وإنحرافاتها الشهرية والسنوية ثم الرطوبة النسبية والتبخر ،
- تناول الفصل الخامس دراسة التباين الزمني للأمطار وعلاقته بالعناصر المناخية ، وناقش فيه الباحث أيضاً تذبذب الأمطار، كما تناول أيضاً دراسة المتغيرات المناخية متمثلة في جبهة الالتقاء المدارية إذ ان توزيع الامطارومواعيد هطولها يرتبط بتقدم جبهة الالتقاء المدارية وتراجعها، كما ان لمنخفض السودان الموسمي دور كبير في جذب الرياح الموسمية الجنوبية الغربية الرطبة، كذلك تتأثر جبهة الالتقاء المدارية في إمتدادها شمالاً بالتيار النفاث المداري الشرقي وتتأثر الامطار بعواصف الهبوب وقام الباحث بدراسة الإتجاه العام للأمطار ، وفترات الرجوع.
- الفصل السادس والأخير إستعرض فيه الباحث أهم النتائج والتوصيات التي توصلت إليها الدراسة واختتم البحث بالمراجع والمصادر التي إستند عليها الباحث.

الفصل الثاني

الإطار النظري والدراسات السابقة

1-2: مقدمة

إن دراسة عناصر المناخ بدقة ثم إجراء المقارنات الزمانية والمكانية لهذه العناصر تعتبر أمراً بالغ الأهمية في التخطيط لكافة النشاطات البشرية والتي من أبرزها مجالات الزراعة والصناعة والنقل وغيرها،لأن جميع هذه المجالات تحتاج إلي معرفة المعلومات المناخية التفصيلية الناشئة عن وجود إختلافات في الخصائص الجغرافية المختلفة ضمن الإقليم الواحد كوجود السلاسل الجبلية والوديان، المسطحات المائية والغابات والتربة ، وهذه جميعها عوامل محلية تخلق بدورها ظروفاً مناخية مختلفة.(الإمام،2010م)

2-2:المفاهيم: Concepts

1-2-2: المناخ: Climate

هو دراسة حالة العناصر الجوية في منطقة ما من سطح الأرض عن طريق متوسطات متغيراتها وقيمها خلال مدة لا تقل عن 30عاماً(فنقاما،2015م)

2-2-2: الطقس: Weather

الطقس هو حالة العناصر المناخية في القسم السفلي من الغلاف الجوي في مكان أو أقليم معين لفترة زمنية قصيرة تمتد من ساعات قليلة إلى يوم أو يومين أو حتي إسبوع.(الشيخ،2004م)

1-2-2:الإشعاع الشمسي"Solar Radiation"

تعتبر الشمس المصدر الرئيسي لحرارة سطح الأرض والغلاف الجوي المحيط بها، وعلى الرغم من وجود مصادر أخرى للحرارة إلا أنها ذات تأثير قليل جداً مقارنة مع الحرارة التي تأتي بالإشعاع الشمسي.

ويتأثر مقدار الإشعاع الشمسي بمجموعة من العوامل تجعل توزيعه غير منتظم إذ أن المناطق المجاورة لخط الاستواء تستقبل ما يعادل 2,4 مرة قيمة الكمية التي تستلمها المناطق المجاورة للقطبين(شرف،1961م)

ويمكن تلخيص تلك العوامل في الآتي:

1-إختلاف زاوية سقوط الإشعاع الشمسي

ونعني بزاوية سقوط الإشعاع الشمسي الزاوية التي تكونها أشعة الشمس مع سطح الأرض ، فإذا كانت زاوية السقوط عمودية أو قريبة من العمودية كما هو الحال في المناطق المدارية تكون درجات الحرارة الناتجة عنها مرتفعة (كربل وماجد السيد،1986م).

2-طول النهار

ونعني بطول النهار الفترة التي تستقبل فيها الأرض الإشعاع الشمسي ويعتمد طول هذه الفترة إعتماداً كلياً على دوران الأرض حول محورها فبسبب ميلان الأرض بزاوية مقدارها 23.5^{o} درجة فإن طول النهار في الصيف يكون أكثر مما عليه في الشتاء كلما بعدنا عن خط الاستواء شمالاً أو جنوباً.

يؤدي الإختلاف في طول النهار إلى تباين طول الفترة التي تستقبل بها الأرض الإشعاع، كذلك نجد أن الصيف في أي منطقة من المناطق لا يكون مرتبطاً إلا بالفترة التي يكون فيها النهار

طويلاً، وعلى العموم فإن كمية الإشعاع الشمسي الواصل إلى الأرض تكون كبيرة طول السنة فيما بين المدارين ويكون تغيرها محدود من فصل إلى آخر. (المرجع السابق)

2-2-2: درجة الحرارة : "Temperature"

هي عبارة عن شكل من أشكال الطاقة التي تعمل على تسخين الأشياء وتشكل كل أو معظم عناصر الغلاف الغازي وقوته المحركة سواء بشكل مباشر أو غير مباشر.(فايد،1989م)

وهي كعنصر مناخي رئيسي ترتبط به حياة الإنسان وكل الكائنات الحية الأخرى التي تعيش على سطح الأرض من نبات وحيوان ، بالإضافة إلى ذلك فإن للحرارة تأثير كبير على بعض عناصر المناخ الأخرى ، كالضغط الجوي والأمطار والرطوبة .

3-2-2: التبخر:"Evaporation"

هو تحول الماء من الحالة السائلة إلى الحالة الغازية، ويوفر التبخر إنتقال بخار الماء من سطح الأرض إلى الهواء، وتتوقف سرعة التبخر وكميته على درجة حرارة الهواء وعلى درجة جفافه وكذلك على مدى تحركه.

يتوفر بخار الماء من المحيطات والبحار التي تغطي مساحة ثلاثة أرباع الكرة الأرضية أو من خلال مسام النبات والتربة عن طريق البخر/نتح أو من خلال تنفس الإنسان والحيوان أو من سطح الأرض الرطبة، وتعود هذه المياه مرةً أخرى إلى سطح الأرض عن طريق التكاثف والتساقط. (غانم،2010م)

4-2-2:البخر/نتح :"Evapo-transpiration"

هو عملية تبخر الماء من الأسطح النباتية والتربة ويعتبر أهم العمليات التي تنطلق بواستطها مقادير كبيرة من بخار الماء في الجو، إذ أن المياه تخرج بإستمرار من مسام أوراق جميع النباتات والتربات الرطبة تقريباً ثم تتحول إلي بخار.وتتحكم في هذه العملية عدة عوامل تكاد

تكون هي نفس العوامل التي تتحكم في عملية التبخر وهي: الإشعاع الشمسي، درجة الحرارة والرطوبة النسبية، الضغط الجوي والرياح، ومن المعروف أنه كلما كثرت النباتات التي تغطى سطح الأرض كلما زادت كمية المياه التي تضيع بالنتح من أوراقها. (شرف،1990م)

5-2-2: الضغط الجوي والرياح :"Atmospheric Pressure and Winds"

يعد الضغط الجوي من عناصر المناخ الهامة وأن التغيرات التي تطرأ علي توزيعه هي التي تحدد إتجاه الرياح وسرعتها وما يتبع ذلك من تأثير علي الظواهر الجوية التي تحدد طبيعة الطقس ومن ثم نوعيه المناخ (سبيل،1996م)

ويرتبط الضغط الجوي إرتباط وثيق بعناصر المناخ الأخري ، خاصة درجة الحرارة والرطوبة الجوية ، هذا بالإضافة إلي إرتباطه بتوزيع اليابس والماء وبحركة الهواء الرأسية وبالإرتفاع عن مستوي سطح البحر وبالدورة العامة للرياح ، ويتم قياس الضغط الجوي بالباروميتر الزئبقي ويعبر عنه بوحدات الملمتر أو البوصة أو المليبار.(أبو العينين،1988م)

1-5-2-2:العوامل المؤثر علي الضغط الجوي:

أ-درجة الحرارة:

يتناسب الضغط الجوي تناسباً عكسياً مع درجة الحرارة فكلما إرتفعت درجة الحرارة زاد تمدد الهواء وبالتالي تقل كثافته ويقل وزنه وعليه يصبح ضغطه منخفضاً والعكس ، كما أن الضغط الجوي يرتبط ارتباطاً وثيقاً بالحرارة لأنها هي السبب في إختلاف نطاقات الضغط على سطح الأرض.

ب-كمية بخار الماء في الهواء:

توجد علاقة عكسية بين كمية بخار الماء بالهواء وبين الضغط الجوي، حيث أن بخار الماء أخف وزناً من الهواء في طبقات الجو السفلى فإذا زادت كمية بخار الماء في الهواء ينخفض الضغط

الجوي، وإذا ما تناقصت كمية بخار الماء في هواء منطقة ما فسوف يؤدي إلي تزايد قيم الضغط الجوي لتلك المنطقة (الشواورة 2012م).

ج-توزيع اليابس والماء:

نظرا لإختلاف أنظمة الحرارة لكل من اليابس والماء فإن التوزيع الجغرافي للضغط الجوي يختلف أيضا تبعاً لإختلاف درجة حرارتيهما.ففي فصل الصيف تصبح أواسط القارات مراكز للضغط الجوي المنخفض،بينما تبقي المسطحات المائية المجاورة مراكز للضغط الجوي المرتفع، فتهب الرياح منها بإتجاه اليابس.

2-2-5-2:نطاقات الضغط الجوي الرئيسية فوق قارة إفريقيا:

1-نطاق الضغط الجوي المنخفض: وينقسم إلى نطاقان :

أ-نطاق الضغط المنخفض حول الدائرة الإستوائية.

ب-الضغط الجوي المنخفض الذي يتأرجح بين المدارين تبعاً لحركة الشمس الظاهرية.

2-الضغط الجوي المرتفع فوق جزر الأوزور فوق المحيط الأطلسي الشمالي.

3-الضغط الجوي المرتفع فوق المحيطين الأطلسي والهندي جنوب خط الإستواء

هنالك أيضا مرتفعات ومنخفضات موسمية لها تأثير مباشر علي الأمطار وتتغير بتغير درجات الحرارة في فصول السنة منها:

- مرتفع الصحراء الكبري ومرتفع الجزيرة العربية واللذان يتكونان خلال فصل الشتاء.
- منخفض الصحراء الكبري ومنخفض الجزيرة العربية واللذان يتكونان خلال فصل الصيف.

من المعروف أن الرياح تحدث نتيجة لإختلاف نطاقات الضغط الجوي، حيث تتحرك من مناطق الضغط المرتفع إلي مناطق الضغط المنخفض وتزداد حركتها وسرعتها حينما يكون الفرق بينهما كبير والمسافة قصيرة .وترتبط بالرياح العديد من الظواهر الجوية كالغيوم والأمطار والتباين الحراري بل أنها تعتبر المنظم الأساسي لحالة الغلاف الجوي.(التوم،1986م)

6-2-2:أنواع الرياح:

1- الرياح الدائمة ومنها:

أ-الرياح التجارية الشمالية الجافة (التجاريات) The Trades

ب-الرياح الجنوبية الغربية الرطبة (الغربيات) The Westernizes

2-الرياح الموسمية الصيفية The Summer Monsoon Winds

3-الرياح المحلية الدورية The Local Winds

4-الرياح المحلية التي ترافق المنخفضات الجوية The Depression Local Winds

(الإحيدب،بدون تاريخ)

7-2-2: الكتل الهوائية :"Air Masses"

يقصد بالكتل الهوائية أجسام عظيمة من الهواء تتميز بخصائص أو صفات معينة تحصل عليها من جراء إستقرارها فوق سطح كبير واسع ومتجانس ،يطلق عليه إسم الاقليم المصدري Source Region (كربل وماجد السيد 1986م).

ومعظم مناطق الكتل الهوائية توجد في مناطق الضغط المرتفع،حيث الهواء راكد وحركته الرأسية خفيفة وهي لاتظل في مكانها طول الوقت وإنما تتحرك وتصيبها تعديلات في صفاتها المناخية في أجزائها السفلي نتيجة لمرورها علي سطوح تختلف صفاتها المناخية عن الكتلة الهوائية في مصادرها الأصلية (فايد 1971م)

يمكن تصنيف الكتل الهوائية إلي عدة أنواع تبعا لدوائر العرض وخصائص السطح الذي تتكون فوقه نذكر منها: الكتلة الهوائية البحرية Marine Air Mass والتي تتكون فوق سطوح بحرية كالمحيط الاطلسي والمحيط الهندي، والكتلة الهوائية المدارية Tropical Air Mass وأهم مصادرها الهواء المداري حينما يتحرك ويعبر خط الاستواء وبالتالي ترتفع درجة حرارته كثيراً، ويحمل كميات كبيرة من بخار الماء عند مروره فوق المحيطات في الإتجاهات الإستوائية (هلالي، 1976م)

8-2-2: الرطوبة والرطوبة النسبية:"Humidity and Relative Humidity"

تشير الرطوبة الي بخار الماء الموجود في الجو ،ويصعد بخار الماء من المسطحات المائية والأجسام المختلفة عندما تتعرض لدرجة الحرارة. ومن مصادر الرطوبة في الجو البحار والمحيطات، البحيرات والأنهار وأجسام الكائنات الحية المختلفة والنبات والتربة. وتتفاوت كمية بخار الماء في الجو مكانياً وزمانياً.

تزداد كمية الرطوبة في الجو في المناطق البحرية والغابية وتقل في المناطق الصحراوية، ويعبر عن رطوبة الجو بعدة طرق هي الرطوبة المطلقة Absolute Humidity ، الرطوبة النوعية Specific Humidity، الرطوبة النسبية Relative Humidity وضغط بخار الماء Evaporation Pressure.

الرطوبة النسبية هي مهمة بالنسبة للتساقط وهي عبارة عن نسبة بخار الماء في الهواء، وهذه النسبة هي عبارة عن كمية بخار الماء الفعلية في الهواء منسوبة إلى كمية بخار الماء التي يستطيع الهواء أن يحملها ليصبح مشبعاً بالرطوبة عند نفس درجة حرارته أو بمعنى آخر طاقة الهواء على حمل بخار الماء.وهي كما نعرف عنصر هام من عناصر المناخ ، لها آثارها الهامة علي الأحياء وفي سقوط الأمطار علي وجه الارض (الامام ،2010م)

تعتبر حالة بخار الماء هي أساس الرطوبة الجوية بجميع صورها.وتعتمد إمكانية توفر الرطوبة الجوية بشكل أساسي علي مدي توفر المصادر المائية المناسبة كالبحار والمحيطات، بالإضافة إلي عوامل التبخر خاصة درجة الحرارة.

يتناسب مقدار الهواء علي حمل بخار الماء تناسباً طردياً مع درجة حرارته ، أي أنه كلما إرتفعت درجة حرارة الهواء زادت مقدرته علي حمل كمية من بخار الماء. أما في حالة إنخفاض درجة حرارته فتقل مقدرته علي حمل بخار الماء وبهذه الطريقة يصل إلي درجة التشبع فيحدث التكاثف عند درجة حرارة الندي.

9-2-2:درجة الندي:Dew Point

هي الدرجة الحرارية التي يصبح عندها الهواء عاجزاً عن حمل كل ما به من بخار الماء فيبدأ بعضه بالتكثف بأية صورة من صور التكثف المعروفة، ومنها السحب والأمطار والضباب والندي.

10-2-2: التكثف:Condensation

هو تحول البخار من الحالة الغازية الي الحالة السائلة او شبة السائلة، وهو يبدأ في الهواء بمجرد إنخفاض درجة حرارته الي درجة الندي فما دونها.وتساهم في حدوث التكثف عدة عوامل اهمها:قدان الهواء لحرارته بالاشعاع، او ملامسته لسطح بارد، او انتقاله من منطقة دافئة الي اخري باردة، او ارتفاعه الي اعلي نتيجة لتسخسنه عند سطح الارض ، او لصعوده فوق حافات جبلية أو لصعوده فوق هواء ابرد منه.

تنقسم مظاهر تكثف بخار الماء في الجو الي:

- مظاهر تحدث عند سطح الارض او البحر وتشمل:الضباب و الندي والصقيع.
- مظاهر تحدث في أعلي طبقة التروبسفير وتشمل: السحب والتساقط بمختلف اشكاله.

11-2-2:السحب:Clouds

هي تجمعات من بخار الماء المتكثف في الجو في شكل قطرات مائية دقيقة ، وقد تختلط بها جزيئات دقيقة كذلك من الثلج اذا كانت درجة الحرارة في مستوي السحب دون درجة التجمد.

وللسحب تأثير مهم علي المناخ لانها هي مصدر الامطار والثلوج التي تسقط نحو الارض، كما انها تؤثر علي الاشعاع الشمسي وتحدد مقدار ما ينفذ بواسطتها من حرارة الشمس الي الارض او من حرارة الارض الي الطبقات العليا من الجو.

1-11-2-2أنواع السحب:

عرّف علماء الأرصاد الجوية مختلف أنواع السُّحُب، حسب مظهرها، ومن ثم إصطلحوا على بعض الكلمات المميزة لكل نوع، فمثلاً البادئة Stratus، تدل على السُّحُب الطبقية أو المتلبدة، والبادئة Cumulus، تدل على السُّحُب الركامية في هيئة كتل بيضاء، والبادئة Cirrus، تعني متموج وسحب السمحاق هي السُّحب المتموجة البيضاء. ويصنف علماء الأرصاد الجوية أنواع السُّحُب، كذلك حسب إرتفاعها عن سطح الأرض فيما يلي:

أ.السحب المنخفضة:

وهي سحب تمتد من سطح البحر إلي إرتفاع كيلو مترين تقريبا. وهي السُّحُب التي يقل إرتفاعها عن 1,800م من سطح الأرض. وتنتشر السُّحُب الطبقية، على هيئة صفيحة مستوية، تُغطي السماء، وقد تسقط منها أحيانًا قطرات الرذاذ. وتبدو السُّحُب الطبقية ـ الركامية أقل سُمكًا وإستواءً، وتوجد في أسفلها مناطق فاتحة وداكنة، تدل كما يقول إسمها، على وجود كتل من السحب داخل الطبقة. وتقسم إلي أربع مجموعات هي:

- السحاب الطبقي Stratus
- السحاب الركامي الطبقي.Stratocumulus
- السحاب الركامي المنخفض. Cumulus

- المزن الركامية(الركام المزني) .Cumulonimbus

ب.السحب المتوسطة:

السحب المتوسطة وهي نوع من السحب يتراوح إرتفاعها عن سطح الأرض بين 1,800 و6,000م. وتمتد من كيلو مترين إلي سبعة كيلو مترات فوق مستوي سطح البحر .وتقسم إلي ثلاث مجموعات هي:

- السحاب الركامي المتوسط.Altocumulus
- السحاب الطباقي المتوسط.Altostratus
- المزن الطباقية Nimbostratus

ج.السحب المرتفعة:

السحب المرتفعة وتشمل السمحاق والسمحاق الطبقي، والسمحاق الركامي. وكل هذه الأنواع من السُّحُب المرتفعة، تتكوَّن داخليًا من حبيبات الثلج، بينما تتكون السحب الأخرى من قطرات الماء. ويصل إرتفاعها أحيانًا إلى 10,000 متر. ويتجلى السمحاق الطبقي على هيئة صحائف رقيقة، كما يتميز عادة بدائرة مضيئة، يحدثها حول القمر أثناء الليل، وحول الشمس أثناء النهار. أما السمحاق الركامي فيتشكل على هيئة ذوائب، معلقة في الفضاء الخارجي، وكأنها كتل من القطن . وتمتد من إرتفاع سبعة كيلو مترات فوق مستوي سطح البحر إلي إرتفاع ثلاثة عشر كيلو متراً تقريباً. وتقسم إلي ثلاث مجموعات هي:

- السحاب الرقيق المرتفعِ.Cirrus
- السحاب الركامي المرتفعِ أو السمحاق الركامي .Cirrocumulus
- السحاب الطباقي المرتفعِ أو السمحاق الطباقي .Cirrostratus

12-2-2: الأمطار:"Rains"

لكي تسقط الأمطار لابد من وجود مصادر لبخار الماء وهواء غير مستقر- الإستقرار وعدم الإستقرار في الكتل الهوائية- يرفع البخار إلي طبقات الجو العليا. كلما صعد الهواء الحامل لبخار الماء إلي أعلي إنخفضت درجة حرارته وقلت مقدرته علي حمل بخار الماء حتي يصل مرحلة التشبع عند درجة حرارة الندي ، وتتكون قطرات الماء حول الذرات الصلبة وتتكثف، وبتجمعها حول تلك الذرات تظهر علي هيئة سحب.(سبيل،1996)

1-12-2-2:أنواع الأمطار:

هنالك طرق للتمييز بين أنواع التساقط وهي مبنية على أساس الوسيلة التي يرفع بها بخار الماء من سطح الأرض إلى أجزاء الجو العليا ويمكن تتميز ثلاثة أنواع من المطر هي:

أ-المطر التصاعدي أو الانقلابي "Convectional Rain":

ينتج بفعل نشاط التيارات الحرارية أو التيارات التصاعدية التي تنشأ نتيجة تسخين محلي لسطح الأرض وإرتفاع الهواء علي شكل تيارات هوائية صاعدة محملة ببخار الماء ويبدأ بالتكثف في أعلى طبقة التروبوسفير، وتتكون سحب من نوع الركامي المزني الذي ينهمر منه المطر بغزارة ويكون مصحوباً في الغالب بعواصف رعد Thunder Storms.

تتوقف غزارة هذا المطر علي ثلاثة عوامل: مدي نشاط التيارات الصاعدة، وكمية بخار الماء التي تحملها، ودرجة حرارة الطبقات التي تتجمع فيها السحب، فكلما كانت التيارات نشطة ومحملة ببخار الماء وكان الفرق بين درجة حرارة سطح الأرض ودرجة حرارة الطبقات التي تتجمع فيها السحب كبيراً كلما إشتدت غزارة المطر.(السامرائي،2008م)

ب-المطر التضاريسي : "Orographic Rain"

ينتج بفعل إعتراض مناطق جبلية لمسيرة رياح مشبعة بالرطوبة ، فالجبال تشكل بالنسبة لمثل هذه الرياح حاجزاً طبيعياً لا يمكن تجاوزه إلا بالصعود على حوافه وينتج عن ذلك تبريد للهواء الحامل لبخار الماء مما يؤدي إلى تكون السحب وهطول الأمطار . وتتوقف غزارة هذه الأمطار علي كمية البخار التي يحملها الهواء وإرتفاع الحواف الجبلية التي تعترضه.

ج-المطر الجبهي: "Frontal Rain"

يحدث نتيجة تكون جبهات بين كتل هوائية قادمة في إتجاهين متضادين شريطة تناقض الميزان الحراري لتلك الكتل الهوائية.

2-2-13:شدة المطر أو غزارته: "Rainfall Intensity"

المقصود بشدة المطر أو غزارته مقدار ما يسقط منه خلال فترة معينة، وحساب غزارة المطر له أهمية كبيرة في تحديد قيمته الهيدرولوجية لما له من علاقة مباشرة بجريان الماء علي السطح وتسربه في التربة. ويمكن حساب غزارة المطر في اليوم أو في أي فترة أخري بقسمة كمية المطر علي عدد الأيام المطيرة.(شرف،1990م)

2-2-14: اليوم المطير:"Rainy Day"

هو اليوم الذي يسقط خلاله مطر لا يقل عن 0.01 من البوصة (0.2ملليميتر).(المرجع نفسه)

2-2-15: جبهة الالتقاء المدارية:"Inter Tropical Convergence Front"

تعتبر من الظواهر الجوية المهمة في المنطقة المدارية ،وهي ظاهرة موسمية ينحصر وجودها في فصل الصيف، وتمثل منطقة إلتقاء الرياح التجارية الدائمة والرياح الموسمية الجنوبية الغربية الرطبة.

وتعرف بأسماء واصطلاحات عديدة منها: منطقة الرهو او الركود الاستوائي Doldrum والجبهة الاستوائية Equatorial Front والاخدود الاستوائي Equatorial Trough

وحزام التجمع الاستوائي Equatorial Belt ومنطقة التقاء الرياح المدارية Intertropical Convergence Zone الفاصل المداري Intertropical Discontinuity بالاضافة الي اصطلاح جبهة الالتقاء المدارية Intertropical Convergence Front.جميع هذه المصطلحات تشترك في الدلالة علي الظاهرة موضوع الدراسة.

تمتاز جبهة الالتقاء المدارية بخصائص عديدة ومهمة فميلان مقدمتها إما مباشرةً علي سطح الأرض أو قريباً من السطح وترتفع تدريجياً في إتجاه خط الإستواء، وهذا الميلان نتيجة طبيعية للتناقضات الحرارية والمائية بين الرياح الموجودة علي جانبيها، فالرياح الموسمية القادمة من فوق المحيطات تكون عادة أبرد من الرياح التجارية القادمة من قلب القارات.(التوم،1974م)

16-2-2:النبات الطبيعي: Natural Plant

النبات الطبيعي هو ثمرة الظروف الطبيعية وحدها وأن الزراعة ثمرة جهود الإنسان في إستغلال الظروف الطبيعية، ويمكن القول بصورة عامة أن النبات الطبيعي نتيجة للتفاعل بين عاملي التربة والمناخ(فايد،1989م).

17-2-2: الجفاف المناخي: "Climatological Drought"

ويعني أنَّ كميات الأمطار المتساقطة على منطقة معيّنة تكون أقلّ من الكميات العاديّة، وذلك مرتبط بشكل ما بإرتفاع درجات الحرارة، ونسبة التبخر، كما يمكن أن يتخّذ الجفاف المناخيّ شكل الجفاف الدائم، أو يمكن أن يكون هذه الجفاف جفافاً عَرضياً مؤقتاً على فترات ولكن بشكل مفاجئ.(إسماعيل،ب.ت)

18-2-2: الأساليب الإحصائية Statistical Methods

تعد العلاقات المكانية أهم أهداف علم الجغرافيا ولا جدل أن المنهج العلمي يهدف إلي الربط بين الظاهرات بقوانين أو بعلاقات. وتعد مسألة إدراك العلاقات المكانية بين الظاهرات الجغرافية أهم مشكلة فى الأبحاث الجغرافية (العزاوي 2017م)وهذه تنقسم إلي قسمين:

1- إختبار العلاقات القائمة بين أكثر من ظاهرة في إطار المكان الواحد، والتي تعني دراسة العلاقات المكانية في فترة محددة.وقد قام الباحث بإختبار العلاقة بين كل من متوسط الأمطار والعناصر المناخية لتحديد هذه العلاقة.
2- ربط تكرار حدوث الظاهرة الواحدة في أكثر من مكان أو بمعني آخر إستكشاف وجود علاقة ما في توزيع الظاهرة الواحدة مكانياً والتي تؤدي إلي دراسة التوزيعات المكانية للظواهر بأساليب قياس الإرتباط المكاني.في هذه الجزئية قام الباحث بتقسيم سنوات الدراسة الي فترتين متساوية من 1967-1996 ، 1987-2016م كل فترة تمثل ثلاثون

عاماً تناول من خلالها الباحث العناصر المناخية (درجة الحرارة ،الأمطار،الرطوبة النسبية والتبخر).الهدف من هذا التقسيم إبراز العلاقة بين العناصر المناخية والأمطار من جهة وتحليل الإتجاه العام للأمطار وحساب التذبذب من جهة أخري.

2-2-18-1:مزايا الإسلوب الإحصائي:

1- دقة البيانات والمعلومات والنتائج:إن إستخدام الإسلوب الإحصائي في الدراسات الجغرافية تساعد الباحثين في التوصل إلي نتائج دقيقة ذات دلالة إحصائية تعبر عن مدي الدقة والثبات، وبالتالي تساعد علي إعتماد النتائج في عمليات الوصف والمناقشة.

2- التعميم والتوقع المستقبلي:تساعد الأساليب الإحصائية علي إختبار دقة النتائج التي تم التوصل إليها، ومن ثم إمكانية تعميم هذه النتائج الجزئية التي يتم التوصل إليها علي مستوي أشمل، وبإستخدام طرق القياس والتحليل الإحصائي يمكن التوصل إلي إتجاه عام لما سيحدث في المستقبل للمتغيرات التي تتحكم في ظاهرة ما.

2-2-18-2:أنواع الأساليب الإحصائية

يمكن تقسيم الأساليب الإحصائية إلي:

1- وسائل الإحصاء الوصفي: Non parametric or Descriptive Statistics مثل مقاييس النزعة المركزية والتشتت والتي تتسم عموماً بالبساطة من حيث القاعدة والإسلوب الرياضي إضافة إلي عمومية المخرجات.
2- وسائل الإحصاء التحليلي:Parametric or Inferential Statistics لتحليل تباين معدلات الأمطار خلال فترات الدراسة.

2-2-18-3:العرض البياني للمعدلات المناخية:

المقصود بعرض البيانات هو أحد الطرق التي يمكن إستخدامها في وصف البيانات من حيث شكل التوزيع ومدي تمركز القيم وإتجاهها، وفي كثير من النواحي التطبيقية يكون العرض البياني أسهل وأسرع في وصف الظاهرة.

تم تمثيل بيانات المعدلات المناخية بإستخدام عدة طرق منها: (الأعمدة البيانية، المنحنيات والمدرج التكراري) وتهدف إلي الإدراك البصري السريع لطبيعة الظاهرة وتوزيعها بشكل مرئي يساعد في فهم الأرقام والمقارنة بينها.

2-2-19:المقاييس الاحصائية المستخدمة في البحث:

قام الباحث بإستخدام نوعين من المقاييس الإحصائية الشائعة الإستخدام بالإضافة إلي مقاييس أخري وهي:

1- **مقاييس النزعة المركزية**: Central Tendency Measurements

وأهم مقاييس النزعة المركزية هي :المتوسط الحسابي Arithmetic Average ، الوسيط Median والمنوال Mode . وقد إستخدم الباحث هذا المقياس لإستخراج المتوسطات الشهرية والسنوية لكلّ العناصر المناخية لسنوات الدراسة.

2-**مقاييس التشتت**: Measures of Dispersion

وتتمثل في المدى Range ، التباين Variance ،الإنحراف المعياري Standard Deviation ومعامل الإختلاف Coefficient of Variance.

3-**طريقة السلاسل الزمنية**: Time Series

وتتمثل في إستخدام طريقة المتوسطات المتحركة لتحديد الإتجاه العام للأمطار.

4-**تحليل الإرتباط**: Correlation Analysis

الإرتباط هو مقياس للتعبير الكمي عن علاقة ما، والكثير من العلاقات الظاهرية في الإرصاد الجوية وعلم المناخ تكون بصفة عامة أكثر تعقيداً من التي تفسر بسبب واحد.(العزاوي،2017م)

لتحديد العلاقة بين معدل المطر السنوي والعناصر المناخية إستخدم الباحث معامل الإرتباط بالإعتماد علي الطرق الإحصائية التي تم ذكرها سابقاً .

2-2-20: السلاسل الزمنية:Time Series

السلسلة الزمنية لأي ظاهرة هي التطور التاريخي لهذه الظاهرة، بمعني آخر هي القيم أو المقادير التي تتخذها هذه الظاهرة في فترات زمنية متتابعة قد تكون أيام أو أسابيع ، أشهر أو سنين.

والهدف من الدراسة الإحصائية للسلاسل الزمنية هو الكشف عن التغيرات التي تطرأ علي الظواهر التي ندرسها أثناء مدة معينة حتي يمكن معرفة أنواع هذه التغييرات وقياس كل نوع منها، فالتحليل الإحصائي لأي سلسلة زمنية يقوم أساساً علي مقارنة قيم الظاهرة في فترات متتابعة حتي يمكن الكشف عن ما يصيبها من تغيرات.

كما تهدف دراسة السلاسل الزمنية أيضاً إلي الإستفادة من دراستنا لماضي الظواهر في عمل تقديرات لها في المستقبل حتي يمكن أن نستعد لمواجهة ما يطرأ عليها من تغييرات. وتتكون أي سلسلة زمنية من أربعة مكونات رئيسية هي: التغيرات الموسمية ، الدورية ، العشوائية أوالعرضية ثم الإتجاه العام.(المرجع نفسه)

تعكس تغيرات الإتجاه العام إتجاه الظاهرة المدروسة عبر الزمن وهل هي متزايدة أم متناقصة، أي هو الخط الذي ترسمه قيم ظاهرة معينة.فملاحظة المنحني التاريخي لكمية الامطار خلال الفترة من 1967-2016م يبين أن هناك ذبذبات في هذا المنحني من فترة زمنية لأخري.

2-2-21: المتوسطات المتحركة: Moving Averages

يعتبر الإتجاه العام من أهم عناصر السلسلة الزمنية، حيث يتلخص تعيين هذا الإتجاه في إيجاد خط أو منحني مناسب يصف حركة السلسلة خلال فترة من الزمن، ومن اهم الطرق المستخدمة في تحديد الإتجاه العام للظاهرة المدروسة هي طريقة المتوسطات المتحركة. ومن مميزات هذه الطريقة أنها تتحايل علي القيم الشاذة (العظمي والصغري) ويأخذ المتوسط لثلاث أو خمس سنوات بدلاً من سنة بعد سنة.

3-2:الدراسات السابقة: Literature Reviews

1-3-2:مقدمة

يعد الرجوع إلي الدراسات السابقة والتعرف علي نتائجها ضرورة هامة وملحة ، وذلك لأن البداية من حيث إنتهي الآخرون تتضمن مزايا عدة أهمها:الإستفادة مما توصلوا إليه والإضافة له ، عدم إضاعة الجهد في التكرار- خاصة وان طبيعة العلم تراكمية. بجانب أنه قد تمثل الإضافة في منهج جديد أو إسلوب أنسب أو طريقة معالجة أحدث وبالتالي قد تختلف النتائج.

هناك الكثير من الدراسات التي تناولت موضوع المناخ وعناصره علي المستويين المحلي والإقليمي ، وقد تم ترتيبها وفقاً للأقدم مع توضيح لأهم نتائجها:

3- **دراسة مهدي أمين التوم (El Tom,1969) عن الأمطار السنوية والشهرية في السودان** تعرض فيها للتوزيع المكاني والزماني للأمطار والتغير في المطر مستخدماً الطرق الإحصائية وموضحاً العلاقة بين الأمطار ودوائر العرض والتضاريس .

4- **دراسة مهدى أمين التوم (El Tom,1974) والتي تعرض فيها للعناصر الرئيسية التي تشكل مناخ السودان** مثل: الحرارة ، ثم هناك تركيز واضح علي عنصر الأمطار بإعتبار أنه من أهم العناصر تأثيراً علي الزراعة والرعي.

5- **دراسة مصطفي خوجلي (Khogali, 1983) عن الإشعاع الشمسي في السودان** والدراسة كانت لإيجاد معامل لتقدير الإشعاع الشمسي من عدد ساعات اليوم.من أكثر الدراسات المناخية شيوعاً عن السودان دراسة عنصر الأمطار ويتم دائما التركيز عليه بإعتباره عصب الحياة الإقتصادية والإجتماعية .

6- **دراسة بدرية عمر محمد (1989م) عن القيمة الفعلية لمياه الأمطار في غرب المملكة العربية السعودية** وخلصت الدراسة إلي أن العوامل الطبيعية مثل:التركيب الجيولوجى والتربة والنبات الطبيعى لها تأثير مباشر على القيمة الفعلية للأمطار بالمنطقة.

7- **دراسة شحاتة سيد أحمد طلبة (1990م) عن المطر في مصر دراسة في الجغرافيا المناخية،** تناولت العوامل المؤثرة علي الامطار وتوزيعها في مصر، مع التركيز علي المنخفضات الجوية ، وناقشت الخصائص العامة للأمطار وتوزيعها السنوي والشهري، كما تناولت التوزيع المكاني والشهري للأيام المطيرة وتركز المطر، وناقشت ايضا التغيرات العامة للامطار واتجاهات التغير واهم اسبابه. وتطرقت الدراسة ايضاً للتذبذب بإستخدام الإنحراف المعياري ومعامل الإختلاف، وإعتمدت الدراسة علي رسم خط الإتجاه العام والمتوسطات المتحركة الثلاثية والخماسية لدراسة إتجاه التغير في كمية الأمطار.

8- **دراسة عمر إبراهيم سبيل (1996م) عن مناخ السودان والظواهر الجوية المكونة له** وخلصت إلي أن أبرز الظواهر فى تشكيل مناخ السودان هي جبهة الإلتقاء المدارية إذ أن موقعها هو الذي يحدد طبيعة الطقس السائد وتوزيع الأمطار ومواعيد هطولها مرتبط بتقدم الجبهة وتراجعها.

9- **دراسة الصالح،محمد عبد الله،(1997م) التوزيع الزماني والمكاني للأمطار في مدينة الرياض،** تناولت هذه الدراسة بيانات وخصائص الأمطار اليومية والشهرية والسنوية، لمعرفة التوزيع الزماني والمكاني للأمطار في مدينة الرياض، لقلة ما كتب عن خصائص الأمطار في مدينة الرياض. وهدفت هذه الدراسة للتعرف على الاختلافات الزمانية والمكانية للأمطار، بالإضافة إلى تحديد العلاقة بين القيمة والتكرار، لتحديد كمية الأمطار اليومية في السنة لمحاولة الحصول على توقعات مستقبلية للأمطار وقد توصلت هذه الدراسة إلى تحديد نتائج التحليل الإحصائي لبيانات الأمطار في مدينة الرياض، وأنها تختلف من زمان لآخر ومن مكان لآخر، وقد بينت نتائج التحليل الإحصائي لهذه الدراسة المدى الكبير للاختلاف المكاني والجغرافي للأمطار، وأن أعلى كمية أمطار يومية تتبع التوزيع الاحتمالي للقيم القصوى، مما يعني أن التوزيع توافق مع التوزيع المشاهد بدرجة مرضية، وأوصت الدراسة بأن نتائج هذه الدراسة سوف تساعد المصممين والمخططين في التخطيط لحل المشاكل المرتبطة بتصريف السيول في المدينة والاستفادة من مياه الأمطار.

10- **دراسة سامية نمر (1998م) المناخ وأثره علي السكان بولاية الخرطوم** فقد تناولت الملامح الجغرافية للولاية بالتركيز علي عناصر المناخ من حيث توزيعاتها الشهرية والسنوية والعوامل المؤثرة فيها وآثارها المباشرة علي السكان من حيث الملبس والمسكن والغذاء والصحة. وتوصلت الدراسة أن ولاية الخرطوم تتميز بإرتفاع في درجات الحرارة ومعدلات التبخر وإنخفاض في الرطوبة والأمطار غير المنتظمة أدي ذلك إلي عجز مائي في كل شهور السنة بالرغم من تحسنه خلال شهر أغسطس الذي يمثل قمة فصل المطر.

11- **دراسة صيام نادر،(1998م) دراسة إحصائية تحليلية لاتجاهات الأمطار في بعض المواقع في سوريا.**

تناولت هذه الدراسة الاتجاهات المطرية في عشرين محطة في سوريا، والتي يجب فحص الأهمية الإحصائية للاتجاهات المشتقة بأي طريقة لتحديد الاتجاهات، هل كانت جوهرية أم ظاهرية تحدث بالمصادفة، وكذلك فحص الاتجاهات المطرية المستقبلية بطريقة المتوسطات النصفية قبل اعتمادها بطريقة فحص الأهمية الإحصائية للطرق بين المتوسطات المطرية، وهدفت هذه الدراسة إلى اشتقاق اتجاهات الأمطار خلال سلاسل زمنية، وإخضاع هذه الاتجاهات لشتى فحوص الأهمية الإحصائية للاتجاهات المتوافرة للتأكد من صحتها، ولتحديد الاتجاهات هل كانت جوهرية حقيقية أم ظاهرية تحدث بالمصادفة. وقد توصلت الدراسة إلى وجود اتجاهات مطرية متزايدة واتجاهات مطرية متناقصة في محطات مجاورة، وبرهنت الفحوص الإحصائية كلها أن جميع هذه الاتجاهات ظاهرية ولا تتمتع بأي أهمية إحصائية، وأوصت الدراسة بضرورة اعتماد الدراسات التي تبحث في الكشف عن الاتجاهات المطرية على طرق رياضية كمية يمكن إخضاعها لفحوص إحصائية للكشف عن أهميتها الإحصائية.

12- **دراسة بوروبة محمد فضيل (2002م)التحليل التكراري والتباينات المكانية لتوزيع الأمطار في حوض شط الحضنة** تناولت هذه الدراسة تحليلا كميا لخصائص التوزيع المكاني والزماني للأمطار في حوض شط الحضنة، وركزت الدراسة على التحليل التكراري المقارن لكميات الأمطار القصوى اليومية والشهرية والسنوية في اثنتي عشرة محطة،

وهدفت الدراسة إلى تحديد خصائص التوزيع الاحتمالي المعتدل لأمطار منطقة الدراسة، وتحديد خصائص التوزيع الاحتمالي للقيم القصوى، بالإضافة إلى تصميم نماذج التوزيع الاحتمالي لأمطار منطقة الدراسة.وتوصلت الدراسة إلى وجود تباينات زمانية ومكانية للأمطار على مستوى القيم السنوية القصوى للأمطار والمتوسطات السنوية للأمطار، مع تناسب توزيع الأمطار الشهرية القصوى والأمطار السنوية لمحطات منطقة الدراسة مع التوزيع الاحتمالي المعتدل.

13- دراسة اللوح منصور نصر(2004م) العلاقة بين الأمطار وبعض المتغيرات الجوية والطبيعية في الضفة الغربية فلسطين.

تناولت الدراسة العلاقة الارتباطية بين كمية الأمطار السنوية (متغير تابع)، وبعض المتغيرات الجوية الطبيعية (متغيرات مستقلة) في منطقة الضفة الغربية، وهدفت هذه الدراسة إلى إبراز العلاقة الارتباطية بين الأمطار والمتغيرات الطبيعية، وكذلك علاقتها بالمتغيرات المناخية، ويمكن تحقيق ذلك من خلال تحديد قيم كميات الأمطار الساقطة ومتوسطات القيم المناخية المستقلة.
وتوصلت الدراسة بوجود علاقة ارتباط جزئي بين المتغيرات المستقلة السابقة، وما يتبع ذلك من تأثير مباشر وغير مباشر على كمية المطر السنوي بمنطقة الدراسة، وأبرزت الدراسة العلاقات الارتباطية المتداخلة بين المتغيرات الجوية والطبيعية خلال فترة سقوط المطر، حيث يرتبط كل متغير جزئياً بعلاقات موجبة أو سالبة مع المتغيرات الأخرى، وأوصت الدراسة بإقامة العديد من محطات الرصد الجوي في منطقة الدراسة لتسهيل عملية البحث، وتنشيط الدارسات البحثية حول موضوع الدراسات المناخية الإحصائية، بهدف الاستفادة منها وتوظيفها لخدمة المنطقة.

14- دراسة نعيمة الترابي(2004م) تناولت التصنيفات المناخية للسودان دراسة نقدية تحليلية

وقدمت مقترح لتصنيف مناخى جديد للسودان بالإعتماد علي الكتل الهوائية كأساس لتحديد أقاليم مناخية.

15- **دراسة ناهد صالح عبدالرحيم (2005م) عن خصائص الأمطار في المنطقة شبة المدارية شمالي المملكة العربية السعودية** توصلت إلي أن الأمطار يمكن أن تحدث في شمالى المملكة في أي فصل من فصول السنة بإستثناء فصل الصيف والسبب في ذلك هو توغل المنخفضات الجوية والكتل الهوائية والتيارات النفاثة.

16- **دراسة إبراهيم محمد (2012م) التغيرات المناخية لأمطار السواحل المصرية . دراسة في الجغرافيا المناخية** .تناولت الدراسة اتجاهات الأمطار وتطورها ومدى تطرفها، اعتماداً على بيانات الأمطارخلال فترة زمنية (1950-2006م)، وهدفت هذه الدراسة إلى توضيح مدى التباين المكاني والزماني للأمطار وموسمها في منطقة الدراسة، بالإضافة إلى التقييم الكمي لمدى تأثير العوامل الجغرافية على المطر، وتقييم اتجاهات التساقط المطري، وتحديد الاتجاه المتمثل هل هو نحو الزيادة أو النقصان خلال استخدام طرق التمثيل الإحصائية والرياضية المناسبة.

وتوصلت الدراسة إلى وجود علاقة ارتباطية بين المطر والتغيرات المناخية على المستوى الزماني والمكاني، ووجود علاقة ارتباطية بين تغيرات الأمطار في السواحل المصرية،وأوصت الدراسة الجهات المختلفة بجمع البيانات المناخية، والتي تفيد في القيام بدراسات عن التغيرات المناخية، وأوصت بضرورة التعاون بين المؤسسات الحكومية والمؤسسات الخاصة لوضع نظام لمراقبة الجفاف، مما يساعد على الوقوف على التحديات والتوقعات للتغيرات المناخية مستقبلا.

17- **دراسة (محمد، طه، وهادي، أزهار (2012م) الانحرافات السنوية في كمية الأمطارالمتساقطة على العراق عن معدلاتها العامة خلال المدة1970/1971-1999/2000م**

تناولت هذه الدراسة التباينات الواضحة في كميات الأمطار السنوية ما بين سنة وأخرى في بلاد العراق، وبما أنها تقع ضمن الإقليم الجاف وشبه الجاف، كانت هناك سنوات تمتاز بارتفاع كمياتها في الأمطار فتعد سنة رطبة، وأخرى تنخفض فيها كمية الأمطار فتعد سنة جافة، وهدفت الدراسة إلى التعرف على مدى الانحرافات السنوية في كميات الأمطار خلال مدةالدراسة.

وقد توصلت الدراسة إلى أن فترة التسعينات قد امتازت بكونها الأكثر مطراً فيما بينها،

حيث سجلت محطات الدراسة انحرافات (+2) فأكثر من معدلاتها العامة، ولاسيما الخمس الأخيرة منها بكونها الأكثر جفافاً، لتسجل جميع محطات الدراسة انحرافات بـ(-2) أقل عن معدلاتها العامة

18- **دراســة مشــتهى عبــد العظيم (2013م) عن اتجــاه التغيــر فــي كميــات الأمطــار فــي الضــفة الغربية ما بين عامي 1997-2008م دراسة تطبيقية في جغرافية المناخ** حيث تناولت الدراسة اتجاهات التغير الحادث في الكميات الشهرية والسنوية للأمطار، وقيمة الأمطار في الضفة الغربية لفترة 12سنة، حيث إعتمدت على بيانات كميات الأمطار التي تم الحصول عليها من محطات الرصد المناخية.وهدفت الدراسة إلى التعرف على التغير في الكميات السنوية للأمطار، حسب المدة المدروسة، والتعرف على آلية التغير ما إذا كانت للزيادة أو النقصان، والتعرف على السلوك الذي تتبعه الأمطار وتغيرها وهل هذا السلوك يأخذ نمطاً عشوائياً أو منتظماً .وتوصلت الدراسة إلى التباين الواضح للمتوسطات الشهرية والسنوية للأمطار ما بين الارتفاع والانخفاض من عام لآخر، بالإضافة إلى بيان أن التغير في المتوسطات الشهرية يسلك مسلكاً غير منتظم، وقد جاء التغير في المتوسطات السنوية منتظماً على امتداد هذه الدراسة ما بين الموجب والسالب، وأوصت الدراسة بأنه لا يمكن أن تكون منطقة الدارسة منعزلة مناخياً، وأنه يجب على المسؤولين محاكاة التغيرات المناخية علمياً، بالإضافة إلى توعية السكان وتنبيههم بخطورة النقص في كميات الأمطار لسنة أو سنوات متتالية، لأن النقص يؤثر على أنشطة الحياة المختلفة.

19- **دراسة وجدان ضرار عمر (2017م)عن تحليل الإتجاه العام لدرجة الحرارة بمنطقة الخرطوم** وبينت الدراسة أن للموقع الجغرافي والفلكي دور في إرتفاع درجة الحرارة،كما أوضحت الدراسة أن منطقة الخرطوم تتجه نحو الإحترار.

2-3-2: علاقة الدراسات السابقة بهذه الدراسة:

من العرض السابق للدراسات إستفاد الباحث من الجوانب النظرية والأدبيات وإختلاف وجهات النظر، ولاحظ الباحث أن جميع الدراسات تناولت عناصر المناخ بالتركيز علي عنصر الحرارة والأمطار والرياح خلال فترة زمنية حتي العام 2000م ،أما الدراسة الحالية فإن الهدف منها هو التعرف علي التباين السنوى لكمية الأمطار وعلاقته بعناصر المناخ الأخري خلال الخمسين عاماً الفائتة مع التركيز علي السنوات من 2000م وحتي 2016م بإعتبارها فترة حديثة شملتها الدراسة، وتحليل هذا التباين باستخدام الطرق الإحصائية وإظهار العلاقة بين الأمطار وعناصر المناخ بمنطقة الدراسة ، مع توضيح دور المتغيرات المناخية المتمثلة في المنخفض السوداني وجبهة الالتقاء المدارية الي جانب التيار النفاث المداري الشرقي وعواصف الهبوب وتحديد معامل التذبذب وإحتمالية تكرار كميات الأمطار وتحديد فترات الجفاف ومدتها، والتوصل إلي نتائج تسلط الضوء علي إجراء دراسات مكملة لهذه الدراسة تكون أكثر شمولاً وتفصيلاً لعنصر الأمطار بإعتباره من أهم عناصر المناخ تأثيراً علي الحياة والأنشطة الإقتصادية للسكان في السودان.

الفصل الثالث

جغرافية منطقة الدراسة

1-3:مقدمة:

الخصائص الطبيعية والبشرية بمثابة ركن أساسي من أركان الدراسات الجغرافية. تتمتع منطقة الدراسة بمقومات طبيعية وبشرية جعلتها من أهم مراكز الثقل السكاني والتركز الإقتصادي، الصناعي والخدمي ، وتتميز الخرطوم بتداخل النطاقات المُناخية ورتابة مظاهر السطح. وفق تصنيف كوبن للأقاليم المناخية تقع الأجزاء الشمالية منها علي هامش الإقليم الصحراوي ، ومعظم بقية المساحة تقع في الإقليم شبة الصحراوي الذي يتميز بقلة سقوط المطر وإرتفاع درجات الحرارة خلال أشهر السنة بإستثناء شهري ديسمبر- يناير واللّذين يمثلان فصل الشتاء ، وشهري يوليو-أغسطس اللّذين يمثلان موسم الأمطار الصيفية في السودان.

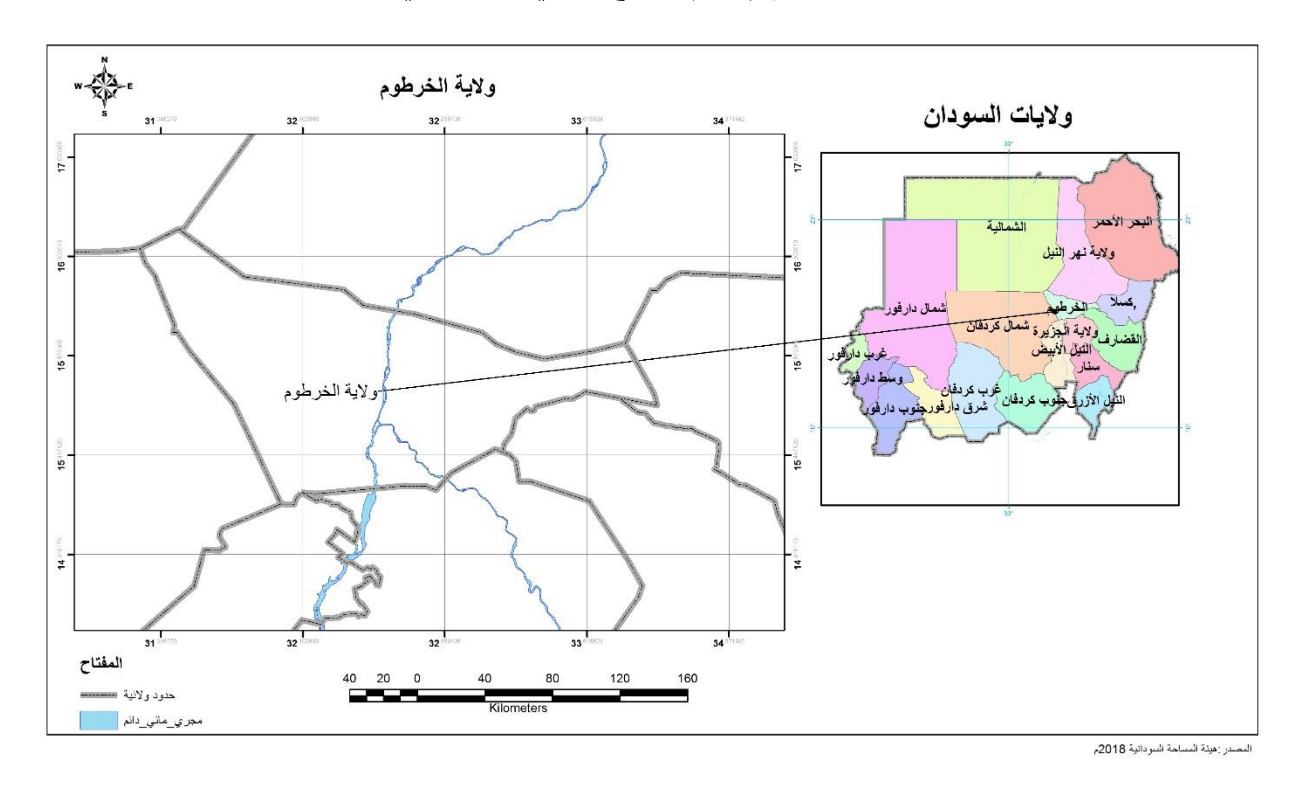
2-3:الجوانب الطبيعية: Physical Setting

1-2-3:الموقع والمساحة: Location and Extent

تقع ولاية الخرطوم في وسط السودان بين خطي طول ´45 :°31 و ´30 :°34 شرقاً و دائرتي عرض ´00 :°15 و ´45 :°16 شمالاً، على إرتفاع 380 متر فوق مستوى سطح البحر، وتقدر مساحة ولاية الخرطوم بحوالي 21,831كم² تقريباً(الحكم المحلي،2017م)

تتشكل منطقة الدراسة من ثلاثة محافظات رئيسية، تشترك ولاية الخرطوم في حدودها مع سبع ولايات سودانية، من الجهة الشمالية والشمالية الشرقية تُحدها ولاية نهر النيل، ومن الجهة الشمالية الغربية الولاية الشمالية، ومن الجهة الغربية ولاية شمال كردفان، ومن الجهة الشرقية والجنوبية الشرقية ولايتي كسلا والقضارف، ومن الجهة الجنوبية ولايتي الجزيرة والنيل الأبيض. كما في الخريطة رقم (3-1)

خريطة رقم (3-1)الموقع الفلكي والجغرافي



المصدر :هيئة المساحة السودانية 2018م

يلتقي عند مدينة الخرطوم النيل الأزرق بالنيل الأبيض ليكونا نهر النيل عند منطقة المقرن مما جعل الخرطوم تنمو وتتطور كمركز سياسي، إقتصادي وحضري ممثلة مجمع حضري كبير حول النيل ويحيط به نطاق ريفي يمتد علي أطرافها تتوزع فيه قري مبعثرة.

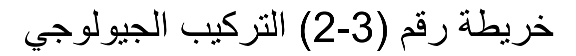
3-2-2:التركيب الجيولوجي:Geological Structure

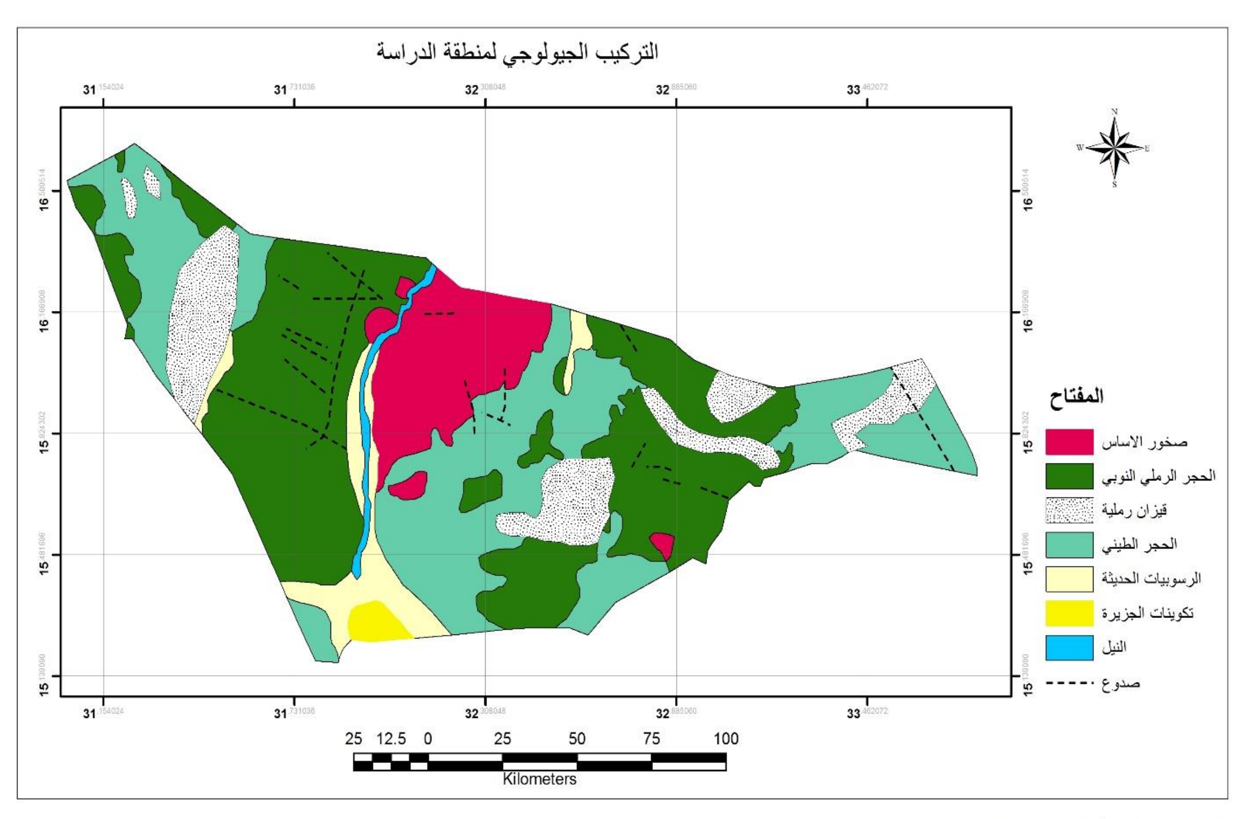
التركيبة الجيولوجية لمنطقة الدراسة شبة خالية من التعقيدات فيما عدا معقد السبلوقة. تمثل تكوينات القاعدة الأساسية (Basement Complex) الأساس الذي ترتكز عليه التكوينات الحديثة(Recent).تغطي تكوينات المجموعة النوبية Nubian Formation 80% من مساحة منطقة الدراسة والتي يتكون معظمها من الحجر الرملي Sandstone والحجرالطيني Mudstone والحجر الجيري Limestone (محمد فتح الله،2007م ص43) وترجع هذه التكوينات إلي العصر الكريتاسي (الزمن الثاني) وتمثل واحدة من عدة أحواض متصدعة في

السودان مرتبطة مع نظام الأخدود الإفريقي العظيم من بينها حوض الخرطوم الذي تتراوح سمك القشرة الأرضية تحته بين 33-37كلم.

وترجع التكوينات البازلتية التي تظهر علي هيئة تلال مخروطية في أمدرمان والجبال الجنوبية الغربية لها إلي الزمن الجيولوجي الثالث، كما تظهر تكوينات الزمن الجيولوجي الرابع خلال تكوينات المدرجات النهرية جنوب خانق السبلوقة والضفة الغربية للنيل الرئيسي.

تغطي تكوينات الكثبان الرملية الثابتة المتلاحمة حبيباتها بأكاسيد الحديد نسبة 50% من مساحة ولاية الخرطوم ، وتمتد السهول الطينية بين النيلين الأزرق والأبيض وعلي إمتداد النيل الرئيسي إلي جنوب السبلوقة، وترجع الكثبان الرملية المتحركة ورواسب بطون الوديان وطمي وغرين النيل إلي التكوينات الحديثة التي تنتشر بصورة واسعة في محافظة أمدرمان.


خريطة رقم (3-2) التركيب الجيولوجي



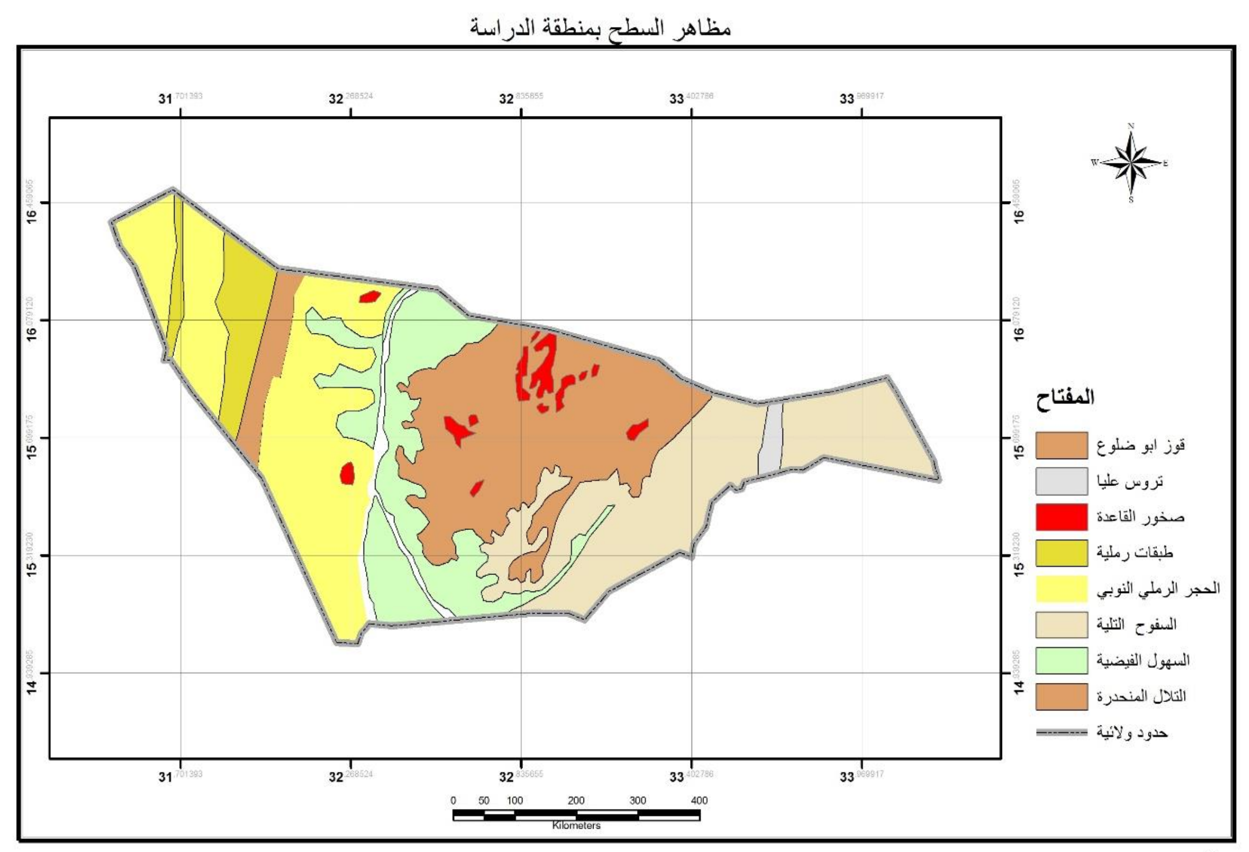
المصدر: الهيئة العامة للأبحاث الجيولوجية 2018م

3-2-3:الطبوغرافيا(مظاهر السطح) Topography

تقع ولاية الخرطوم فوق أرض سهلية مستوية السطح مع إنحدار طفيف نحو مجرى نهر النيل يتخلل هذا السطح تلال ونتوءات صخرية من الحجر الرملي النوبي ، والحجر الرملي المغطى بالجبس وكثبان رملية متفرقة مما يعطي صورة لتضاريس منبسطة مع تموجات طفيفة، كما يتخلل سطحها أيضاً طبقات وأرصفة أودية نيلية وخيران موسمية تصب معظمها في النيل إبان موسم الامطار. يشكل النيلان الأزرق والأبيض أهم الظواهر الهيدرولوجية المميزة لمنطقة الدراسة حيث يلتقيان عند المقرن ليكونا نهر النيل.

عمومًا فإن معظم أجزاء ولاية الخرطوم تتسم بسهول منبسطة، مع وجود بعض الجبال أو التلال المتناثرة، مثل جبال كرري والمرخيات،جبل مندرة وجبل الطينة، جبل طورية وجبل التوم ومعظمها تقع غرب النيل ،وجبل أولياء في جنوب الخرطوم، أما من ناحية شرق النيل فتوجد جبال السليت وبعض التلال المنعزلة انظر الخريطة رقم (3-3) ويعتقد أن هذه السهول تكونت بواسطة عوامل التجوية والتآكل وهي مغطاة بمخلفات التجوية ذات الترسبات والسمك المتباين، (أحمد فتح الله، 2007م ص47).

خريطة رقم (3-3) مظاهر السطح



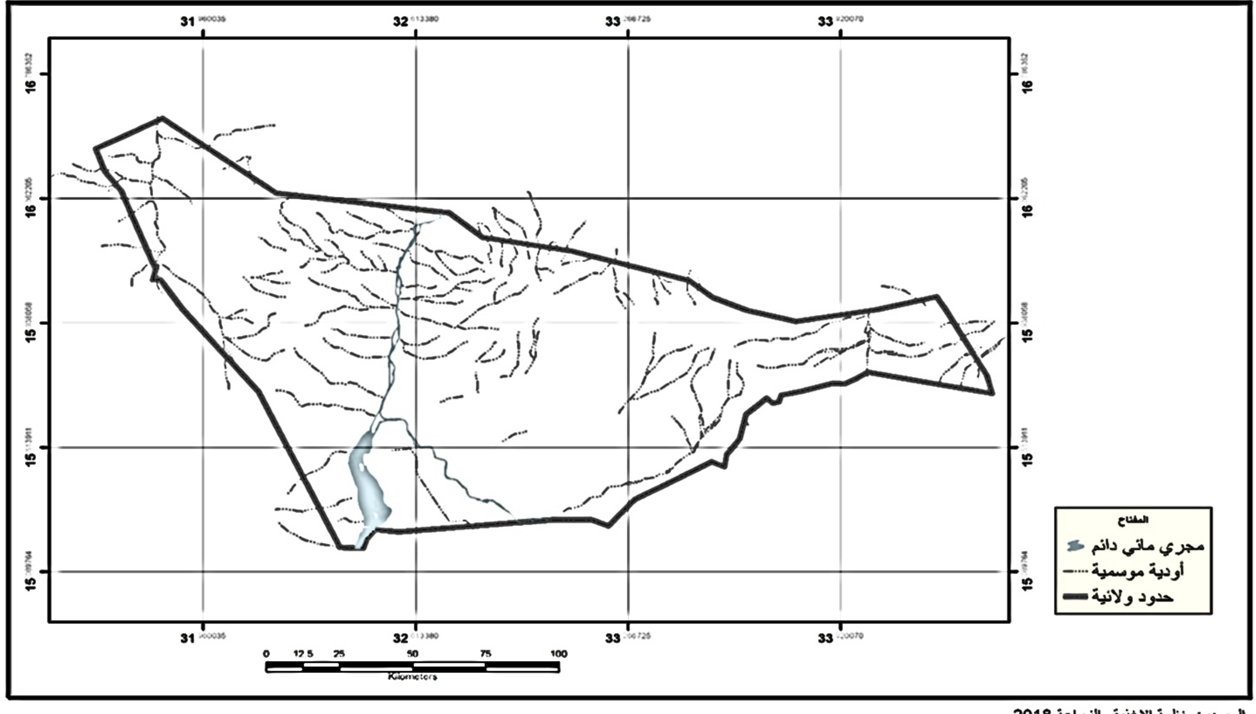
المصدر: موسي وبريجس 1991م

4-2-3:التصريف المائي: Drainage System

إن ولاية الخرطوم من الناحية الهيدرولوجية تحكمها مياه النيل الرئيسي والنيلين الأبيض والأزرق كما إنها تمتلك أنظمة مائية محلية أخرى كالأودية الموسمية التي تكتسب مياهها بعد الأمطار التي تهطل خلال فصل الصيف، وتتمثل مصادر المياه بولاية الخرطوم في مصدرين هما المياه السطحية والمياه الجوفية وتنقسم مصادر المياه السطحية إلى نوعين هما: نهر النيل ورافديه والوديان الموسمية شرق وغرب النيل، وتعتمد هذه الأودية بصورة أساسية على كمية الأمطار الساقطة والتي تعتبر المغذي الرئيسي لها خلال موسم الأمطار كما في الخريطة رقم(3-4)

خريطة رقم(3-4) التصريف المائي

التصريف المائي بمنطقة الدراسة



المصدر: منظمة الاغذية والزراعة 2018م

5-2-3:التربة: Soil

يغطي سطح ولاية الخرطوم التكوينات الرسوبية التي تأثرت بالمناخ والنشاط الحيوي وبإختلاف المواد الأساسية اللازمة لتكوين الترب. إضافة لتأثرها بالمواد التي تجلبها الرياح وتتجمع في التربة بواسطة العواصف الترابية المتكررة (أبو سن،1991م). ووفقاً لما جاء في تقارير الفاو (منظمة الاغذية والزراعة) واليونيسكو (منظمة الامم المتحدة للتربية والعلوم والثقافة 1974م) فإن هناك خمس فئات للترب تم تحديدها في أواسط السودان انظر الخريطة رقم(3-5) وذلك علي النحو التالي:

1- **التربة النهرية:** وتتكون من الطمي النهري نتيجة للترسبات المتوالية الحديثة ، وهذه التربة ليس لها افاق تشخيصية ما عدا الافق (أ) الحيوي الغني.

2- **الرقوسولات**: وهي التربة المكونة من مواد متفككة غير الشاملة لترسبات الطمي فرمال ابو ضلوع مثلا تقع ضمن مجموعة الرقوسولات، وهي تربة عالية النفاذية وتجف بصورة سريعة ونادرا ما تفرز هذه التربة أملاح، وبالتالي فهي تربة ذات خصوبة معتدلة.

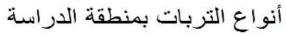
3- 4-**التربة المتشققة**: وهي تربة ذات تركيبة طينية دائمة، تنكمش وتنتفخ تبعا لتحول محتواها من الرطوبة، وتعرف بالتربة المتشققة لانه عندما تجف تتصدع عميقا،وهذا النوع من التربة عادة ما يكون جيريا ويقع ضمن احد المجموعتين الفرعيتين وفقا للون وهما:

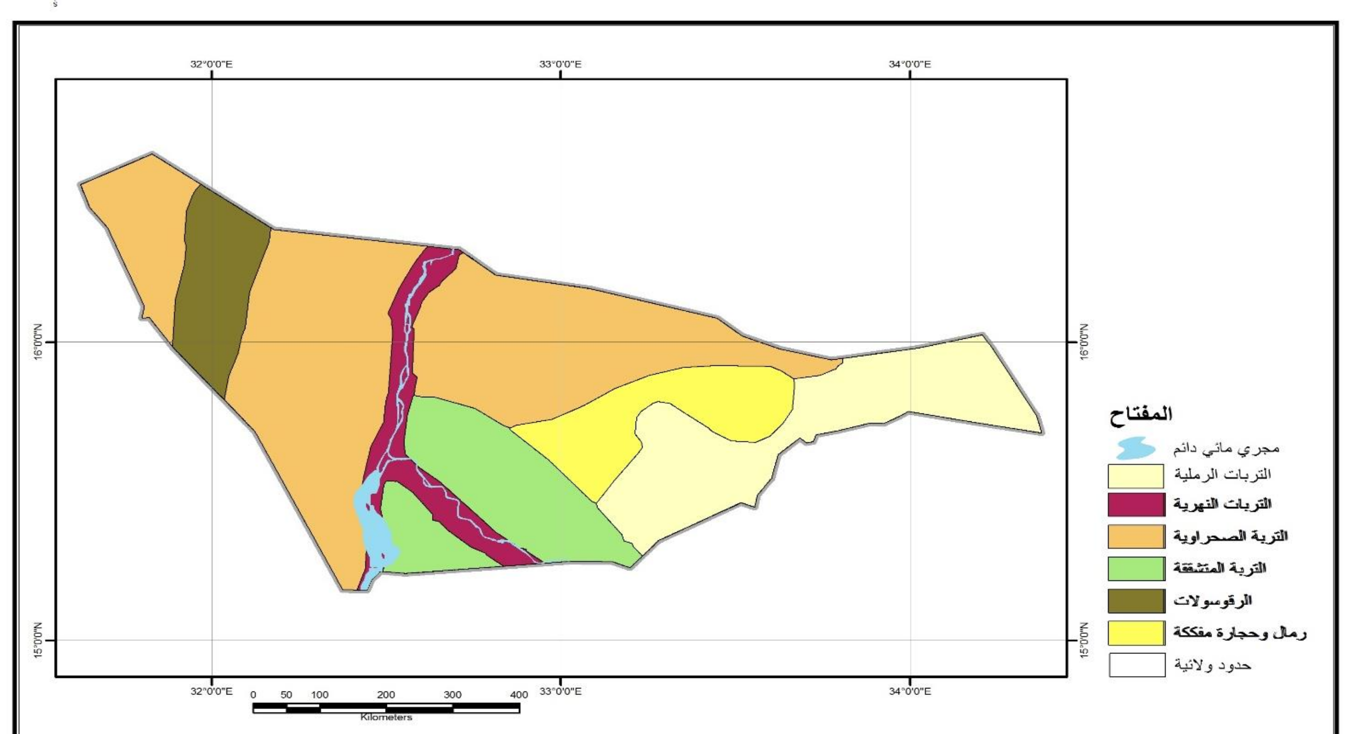
أ- **التربة المتشققة السوداء** التي تطورت في اطيان الجزيرة والارض المحاذية للنيل ، والتي تمثل الفئة الثالثة من ترب ولاية الخرطوم.

ب-**السهول الطينية** جنوب شرق الخرطوم وتمثل تربة الفئة الرابعة.

5- **التربة الصحراوية:** وهي تربة المناطق الجافة ذات الافق السطحي الذي يحوي القليل من المادة الحيوية وهي تربة غير مالحة كما انها ليست لها خاصية التصدع مثل التربة المتشققة، وهذا النوع من التربة يتكون نتيجة للعمليات البطيئة التي تقوم بها التربة ،وتنتشر في شمال وغرب الولاية.

خريطة رقم (3-5) أنواع التربات





المصدر: تقارير الفاو واليونيسكو 1974م

3-3:المناخ: Climate

تقع ولاية الخرطوم في نطاق المناخ المداري القاري شبة الصحراوي في الهامش الجنوبي من الصحراء ضمن النطاق السوداني ،الذي يمتد في افريقيا من الغرب الي الشرق بين دائرتي العرض 15º - 16º شمال خط الاستواء. وهنالك عدة عناصر مناخية تلعب دوراً هاماً في تشكيل مناخ الخرطوم كالحرارة والضغط الجوي ،الرياح ،الرطوبة والأمطار لها تأثير كبير سيرد تفصيل الحديث عنها في الفصل الرابع ونذكر منها:

3-3-1:درجة الحرارة:Temperature

يبلغ متوسط درجة الحرارة السنوي بمنطقة الدراسة حوالي 29.35º مئوية ، وتتباين من فصل لآخر، فخلال فصل الشتاء من شهر ديسمبر-فبراير تتراوح مابين 22-24º مئوية وترتفع خلال

فصل الصيف من أبريل وحتي يونيو لتصل إلي 33º مئوية ، وفي فصل الأمطار من يونيو إلي سبتمبر تصل إلي 32º مئوية ، ويمكن القول أن درجات الحرارة تختلف بإختلاف الفصول وتتأثر بنظام الضغط الجوي شمال القارة وجنوبها .

2-3-3:الرياح: Winds

الرياح السائدة من شهر أكتوبر وحتى مايو في الغالب رياح شمالية شرقية إلى شمالية غربية تتراوح سرعتها مابين 9 – 11.9 كم/الساعة . فخلال الموسم المطري الذي يبدأ مبكراً - يونيو ويمتد حتي سبتمبر- الرياح السائدة جنوبية إلي جنوبية غربية حيث تتراوح السرعة مابين 10-11 كم/الساعة ، وقد تزيد السرعة أحياناً عند حدوث العواصف الرعدية والترابية لتصل إلي الضعف، وهذه الرياح أيضاً تدفع بالفاصل المداري شمالاً ويصحبه الحزام المطري خلفه والذي يتحرك معه شمالاً(التوم،1974).

3-3-3:الرطوبة النسبية: Relative Humidity

تصل الرطوبة النسبية إلي 28.45% كمتوسط خلال العام، أما الرطوبة النسبية العظمى التي تحدث خلال الموسم المطري - يوليو حتي سبتمبر- تحت تأثير الرياح الجنوبية الغربية الرطبة قد تصل إلى 46% ، وخلال فصل الشتاء – ديسمبر ويناير- قد تنخفض إلى أقل من 30% تحت تأثير الرياح الشمالية والشمالية الشرقية الجافة (الهيئة العامة للأرصاد الجوية، 2016م).

4-3-3: الأمطار: Rains

تشهد منطقة الدراسة تساقط أمطار صيفية مع بداية شهر يوليو وحتي سبتمبر بمتوسط شهري 53ملم في شهر أغسطس الذي يعتبر اكثر الشهور مطراً في الولاية. ويتميز الموسم المطري برطوبة عالية نسبياً والرياح السائدة جنوبية إلى جنوبية غربية رطبة .

4-3:الغطاء النباتي:Land Cover

يؤثر المناخ والتربة في الغطاء النباتي من حيث الكم والنوع والتوزيع.وقد صنفت النباتات بإقليم العاصمة القومية بواسطة (هاريسون وجاكسون،1958م) ضمن النباتات شبة الصحراوية الفقيرة ، فالحياة النباتية تزدهر في فصل المطر في الفترة من أوائل يوليو وحتي أواخر سبتمبر.

الصفة الغالبة على الولاية خلوها من النبات الطبيعي الكثيف عدا بعض أشجار السدر والسرح والسنط والسلم والسيال تنمو متفرقة ومبعثرة على إمتداد خطوط التصريف المائي ، بالنسبة لأشجار السنط فتتوافر بكثرة على أودية التصريف المائي الدائمة.

بالإضافة لنمو بعض الحشائش الموسمية التي تنمو عند هطول الأمطار، وغالباً ماتسود نباتات الحمرة وأنواع أخرى من الحشائش وذلك في موسم الأمطار القصير ثم في أواخر سبتمبر تجف الأعشاب وتصفر وتبدأ في الذبول.

لاشك أن قلة الغطاء النباتي له أثر علي موارد المنطقة المائية ، حيث تنحدر مياه السيول والأمطار دون أن تعترضها النباتات ، فتصب في مجري النيل أو تضيع بواسطة التبخر، علماً بأن قلة الغطاء النباتي تزيد من إرتفاع درجات الحرارة وتزيد من سرعة الرياح وتقلل من تغلغل المياه داخل التربة كما تزيد من الجريان السطحي.

كانت مجاري الأودية في العقود الأولى من القرن الماضي يغطيها غطاء نباتي كثيف ، إلا أن القطع والإزالة التي مارسها السكان لسد حاجتهم من مواد البناء والوقود أدي إلى تدهور وإختفاء الغطاء النباتي خاصة في الأجزاء الوسطى والدنيا وتركز الغطاء النباتي في أعلى الأودية الموسمية.(احمد فتح الله،2007م ص59)

3-5: العوامل البشرية:Human Aspects

3-5-1: مقدمة

معلوم أن الانسان هو المحور الرئيسي الذي تدور حوله ولأجله كثير من الدراسات في شتي المجالات، وهو الذي يجعل للموارد الطبيعية قيمة عبرإستغلالها بصورة أمثل. وتتبع أهمية السكان لما لها من علاقة وثيقة ومتينة بالموارد الطبيعية، فلا يوجد حديث عن السكان إلا أعقبه حديث عن الموارد ومدي كفايتها في ظل التزايد السكاني الكبير ، وقد ثار جدل في القرن الثامن عشر والتاسع عشر بين فريقين من المتفائلين والمتشائمين كان أبرزهم توماس روبرت مالثوس(1766م) الذي يري أن هنالك تزايداً سكانياً يفوق تزايد انتاج الغذاء بمتوالية هندسية، بينما انتاج الغذاء يتزايد بمتوالية عددية، قد يؤدي بدوره إلي كوارث كبيرة.

إحتلت الدراسات السكانية حيزاً كبيراً في الفكر الجغرافي الحديث لما لها من علاقة بالتخطيط والتنمية وغيرها من المجالات لذلك كان لابد من تناولها بالدراسة للوقوف علي حقائق السكان وتعدادهم وربط ذلك بموضوع البحث.

تضم منطقة الدراسة ثلاث مدن رئيسية تمثل مجمع حضري ومركز ثقل سكاني هي الخرطوم، الخرطوم بحري وأمدرمان. نتيجة للهجرة الداخلية التي حدثت مطلع الثمانينات بسبب الجفاف الذي ضرب غرب البلاد عام (1984م) لهذه المدن الثلاث حدث تمدد عمراني علي حساب إستخدامات الأرض الأخري. بجانب المدن الثلاثة تنتشر القري ذات النشاط الزراعي وتتمركز بمحاذاة النيل الأزرق والنيل الأبيض والنيل الرئيسي.

3-5-2:السكان: Population

تتميز ولاية الخرطوم بإرتفاع معدل النمو السكاني، لأنها تمثل مركزاً لجذب السكان ، حيث ظل السكان يتزايدون منذ الإستقلال، إذ كان عددهم آنذاك يزيد قليلاً عن نصف المليون(أبوسن،1991م.ص7) ،وتضاعف عدد سكان الخرطوم حتي وصل في تعداد العام 1973م إلي (1.095.617 نسمة) ثم زاد العدد في تعداد العام 1983م إلي (1.332.127

نسمة) وفي العام 1993م قفز عدد السكان إلي (3.512.145 نسمة) وحسب آخر تعداد سكاني عام 2008م وصل عدد سكان الولاية إلي (5,274,321 نسمة). (الجهاز المركزي للإحصاء، 2016م)

يمثل هؤلاء السكان في منطقة الدراسة كل ألوان الطيف الإثني والإجتماعي والسياسي السائد في السودان. كما يتوزع هؤلاء السكان على سبعة محليات إدارية (الجدول رقم 3-1) وقد إزداد عدد سكان الولاية بشكل كبير منذ عام 1984م، وذلك لنزوح أعداد كبيرة من السكان إليها من ولايات وسط وغرب السودان ، وأصبحت الولاية الآن ذات كثافة سكانية عالية تقدر بحوالي 394.30 شخص للكم² وهو أعلى معدل كثافة على مستوى السودان (محمد، 2013م). أما من حيث التركيب النوعي والعمري لسكان الولاية فتبلغ نسبة الذكور 53.1% بينما تبلغ نسبة الإناث 46.9%. (المرجع السابق)

جدول رقم (3-1) يوضح توزيع السكان بالمحليات والنسبة المئوية.

المحلية	عدد السكان	النسبة المئوية%
الخرطوم	1,220,743	12.47
بحري	1,116,448	11.4
أمدرمان	1,095,707	11.2
جبل أولياء	1,641,834	16.77
شرق النيل	1,596,197	16.3
كرري	1,345,000	13.74
أمبدة	1,775,244	18.13
المجموع	9,791,173	%100

المصدر: الجهاز المركزي للإحصاء 2016م

عدد السكان بمنطقة الدراسة في نمو مستمر، فخلال عقدين من الزمان أصبح ثلاثة أضعاف عما كان عليه خلال 50 عاماً ويعزي ذلك لمركزية موقعها وتركز جميع الخدمات بالعاصمة الخرطوم.

3-5-3: إستخدام الأرض: Land Use

كانت الخرطوم عبارة عن أحراش وغابات ثم تحولت لمركزاً ديني وتعليمي وتجاري وإداري، وكانت في الأول مستخدمة عسكرياً ثم تحولت إلي مركز إداري، وعندما أصبحت العاصمة ظهرت إستخدامات إخري كالإستخدام السكني ، التجاري، الصناعي، التعليمي والترفيهي.

مركزية منطقة الدراسة وهيمنتها السياسية والإجتماعية جعلها تحتل المرتبة الأولي من حيث البعد التاريخي والأهمية السياسية ،الإقتصادية ، الإجتماعية والخدمية عن بقية المدن السودانية. هذه المركزية أوجدت تنوع في إستخدام الأرض وتباين من حيث الحيز المكاني. يستحوذ الإستخدام السكني علي مساحة تصل نسبتها إلي حوالي 80% من الأراضي وهو بذلك يحتل المركز الأول ، أما الإستخدام الصناعي يحتل المركز الثاني حيث تتركز 70% من المنشآت الصناعية بمدينة الخرطوم(هاجر،2009.ص120).

دخلت الصناعة إلي المدن السودانية بعد الحرب العالمية الثانية فقد خصصت لها مواقع في أطراف المدن وتوسعت نسبياً في منتصف التسعينات نتيجة للتمدد العمراني وأصبحت داخل النسيج الحضري ، ويتركز الثقل الصناعي في مدينة الخرطوم بحري، أمدرمان ثم مدينة الخرطوم(البشري،2006م).كما توجد منطقة سوبا الصناعية جنوب الخرطوم والمنطقة الصناعية جنوب السوق المحلي.

أما بالنسبة للإستخدام التجاري والخدمات العامة والطرق فقد خصصت لها مساحات كبيرة في كل مدن الخرطوم. تعتبر مدينة الخرطوم مركز تجاري تتمركز فيه المؤسسات والشركات والوزارات ودواوين الحكم التي تطل علي الواجهة النيلية للنيل الأزرق والبعض يمتد في المناطق الواقعة إلي الداخل ، وتقل المساحات المخصصة للإدارة الحكومية في كل من الخرطوم بحري

وأمدرمان، ويحتل الإستخدام الترويحي المساحات الاقل وتنتشر داخل الأحياء في شكل فسحات وميادين ومنتزهات وحدائق عامة .

عرفت الزراعة في منطقة الدراسة منذ زمن طويل ولا تزال تشكل قطاعاً مهماً. تبلغ الأراضي الصالحة للزراعة 813.973 كلم² يتم زراعتها خلال ثلاث عروات: شتوية وصيفية والدميرة. يعتبر الموسم الشتوي من المواسم الرئيسية لما يتميز به من تنوع في المحاصيل وجل المناطق الزراعية بمنطقة الدراسة تتركز في شمبات،الحلفايا،الجيلي، السقاي وودرملي بالضفة اليمني للنيل الرئيسي، والشيخ الطيب والسروراب والجزيرة أسلانج بالضفة اليسري، سوبا غرب ومشروع الجموعية علي النيلين الأزرق والأبيض. أما المراعي الطبيعية فتبلغ مساحتها 2.2 مليون فدان (وزارة الزراعة،2013). يشكل غطاء الأرض المائي حيزاً ضيقاً ممثلاً في النيل الأزرق والأبيض وأحواض الصرف الصحي في كل من ود دفيعة بشرق النيل والسوق المحلي بالخرطوم.

4-5-3: الخدمات: Services

لا شك أن قطاع الخدمات من القطاعات التي تهتم بها الدول، وتطور هذا القطاع وتقدمه في منطقة ما يشير بالضرورة إلي تطور وتقدم تلك المنطقة. ولكل منطقة خدمات تقدمها إلي سكانها عن طريق مؤسساتها التعليمية والصحية والثقافية وغيرها. وسنتناول أهم خدمتين يتم تقديمهما وتؤثران في حياة السكان بصورة مباشرة وهما : المياه والكهرباء.

بدأت خدمات إمداد المياه لسكان العاصمة منذ العشرينات من القرن الماضي،وذلك بإنشاء شركة النور للمياه والكهرباء،وقبل ذلك كان سكان العاصمة يعتمدون في شربهم واحتياجاتهم من المياه علي النيل مباشرة والآبار السطحية. تم حفر أول بئر بالعاصمة عام 1921م لإمداد مقر الحاكم العام الانجليزي بالمياه (هاجر،2009.ص128).

تضم العاصمة عدداً من محطات المياه علي ضفاف النيل وعدد كبير من الآبار التي تعتمد علي المخزون الجوفي من مياه الأمطار ومن هذه المحطات:

أولاً: محطات المياه: Water Station

أ- محطة المقرن:تعالج المحطة مياه النيل الأبيض،وتبلغ السعة التخزينية للمحطة حوالي 72000 متر مكعب/اليوم. وتغذي المحطة بعض أحياء ولاية الخرطوم كحي المقرن والمصالح الحكومية وتغذي المحطة أيضاً بعض أحياء أمدرمان كبانت غرب والعباسية، الموردة،أبوسعد والمهندسين بجملة مياه تبلغ 16400 متر مكعب/اليوم.

ب- محطة مياه بري:يقدر إنتاجها بحوالي 35000متر مكعب/اليوم. وتغذي إجزاء من أحياء شرق الخرطوم كالبراري-إمتداد ناصر-المنشية-الرياض-الطائف وأجزاء من أركويت والمعمورة أما مناطق الجريف فتكمل النقص في المياه من الآبار الجوفية الموجودة .

ج- محطة مياه بحري: تقع علي الضفة اليمني من النيل الأزرق وصممت لتنتج 192000متر مكعب /اليوم ،وتم تأهيلها في العام 2010م لتصل إنتاجيتها إلي 300ألف متر مكعب/اليوم، وتغذي إجزاء من مناطق أمدرمان والخرطوم ووسط بحري كالأملاك-المزاد-حلة خوجلي وحمد ،الدناقلة والختمية وغيرها من المناطق.

د- محطة ضخ مياه الصحافة:تضخ 15000 متر/مكعب في اليوم من المياه الواصلة من محطة بحري ، ويوجد بها خطان هما: خط محطة مياه المقرن وخط الآبار الجوفية،وتتجمع هذه المياه وتضخ عن طريق طلمبات لتغذية مناطق: الكلاكلات-جبرة-جبل أولياء-اللاماب والشجرة.ونفس هذه الاحياء تستكمل نقصها من المياه من الآبار الجوفية الموجودة في كل حي. وعموماً تعاني أحياء العاصمة من ضعف الامداد المائي وإنقطاعه بسبب سوء الصيانة إرتفاع تكاليفها وإنعدام الرقابة وقلة الكادر المشغل.

ثانياً: الكهرباء: Electricity

تعتبر الطاقة الكهربية من أكثر مصادر الطاقة سهولة في النقل والإستخدام، وتمثل العمود الفقري لقياس نمو التطور والتقدم الإقتصادي والإجتماعي.ومن المعلوم أن أغلب سكان ولاية الخرطوم تتوفر لهم خدمات الكهرباء ولكن هناك مشكلة في إستمرار الإمداد الكهربائي حيث يقل توزيعها

في موسم الصيف عندما تقل كمية المياه في خزان توليد الكهرباء، وبالتالي إنقطاعها معظم ساعات اليوم والذي بدوره يؤثر علي الإمداد المائي، وتتأثر بإنقطاع الكهرباء قطاعات خدمية وصناعية أخري وينعكس ذلك في إنتاج المصانع بصورة سلبية.

الفصل الرابع

عناصر المناخ في منطقة الدراسة

1-4:مقدمة

تحظي الدراسات المناخية علي المستوي العالمي بإهتمام خاص وتُوليها الأمم المتحدة والمنظمات التابعة مثل : "منظمة الإرصاد العالمية" WMO ومنظمة "الأغذية والزراعة الدولية" FAO عناية كبيرة ويعزي ذلك إلي كون الغلاف الجوي نظاماً رئيسياً تشارك في ملكيته كل الأمم.

تعتبر دراسة العناصر المناخية المفتاح لمعرفة الخصائص الرئيسية للأقاليم المناخية، وقد تم إستخدام الطرق الإحصائية مع بعض المقاييس لتحليل المعدلات المناخية مثل: المتوسط الحسابي ، التباين والإنحراف المعياري ومعامل الإرتباط.كما تم إستخدام البرامج الرقمية والتي تشكل العنصر الأساسي في تحليل المعدلات المناخية للفترة من 1967 – 2016م.

يناقش الباحث في هذا الفصل دراسة عناصر المناخ والتي تتمثل في الآتي:

الإشعاع الشمسي ودرجات الحرارة، الضغط الجوي والرياح ثم الأمطار والرطوبة النسبية.

2-4: الإشعاع الشمسي: Solar Radiation

يطلق علي الأشعة الشمسية الصادرة من الشمس والمتجهة نحو الأرض مصطلح الإشعاع الشمسي Solar Radiation .عندما تصل هذه الأشعة الي سطح الأرض تنعكس جزئياً، بينما تمتص الأرض معظمها وتحوله إلي ما يطلق عليه الإشعاع الأرضي Terrestrial Radiation وتعمل هذه الأشعة الأخيرة علي تسخين الهواء (Barry,1969) ويعتبر الإشعاع الشمسي الوارد من الشمس إلي جو الأرض الطاقة المحركة للعمليات الجوية كافة، ويتأثر الإشعاع الشمسي بمجموعة من العوامل منها:

1- الثابت الشمسي: Solar Constant

والذي يتأثر بعاملين هما الزيادة في قوة النشاط الشمسي (البقع الشمسية) وتغير المسافة بين الأرض والشمس.

2- شفافية طبقات الغلاف الجوي وما يعتريها من سحب ومواد عالقة، فكلما كانت طبقات الغلاف الغازي أكثر شفافية كلما زادت كمية الإشعاع الشمسي الواصلة إلي الأرض.

3- إختلاف زاوية سقوط الأشعة فكلما كانت زاوية سقوط الأشعة عمودية يؤدي ذلك إلي قوة الإشعاع وتركزه والعكس إذا كانت زواية السقوط مائلة.

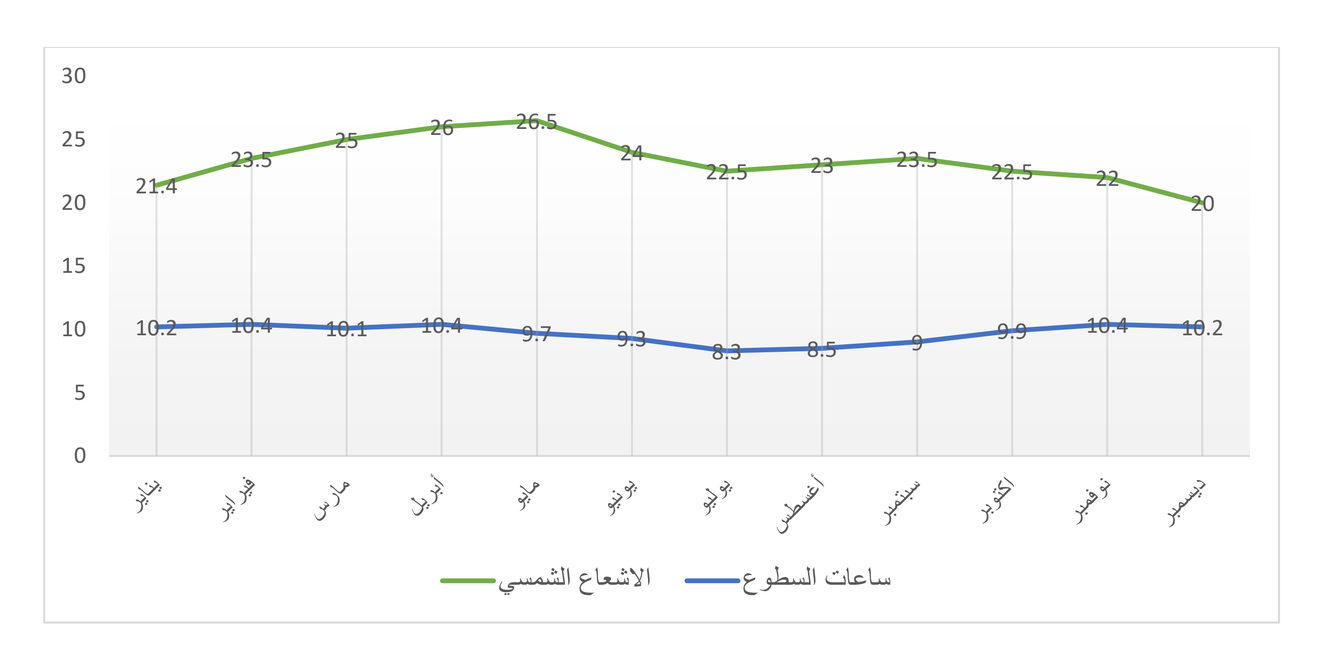
4- إختلاف طول الليل والنهار وأسباب هذا الإختلاف هو تغير موقع الأرض بالنسبة للشمس وثبات ميلان محول الأرض، وكلما زاد طول النهار زادت قيم معدلات الأشعاع الشمسي، وكلا العاملان الأخيران يتأثران بالموقع العروضي وحركة الشمس الظاهرية(Strahler,1969).

4-2-1:قياس الإشعاع الشمسي:

يتم قياس الإشعاع الشمسي بواسطة جهاز الثيرموبايل(Thermopile) وهو عبارة عن مجموعة من المزدوجات الحرارية. وأجهزة قياس الإشعاع الشمسي حساسة وعرضة للأعطال لذلك تم إيجاد علاقة رياضية بين الإشعاع الشمسي وعدد ساعات السطوع الشمسي(آدم، 1996م):

4-2-2:التوزيع الفصلي للإشعاع الشمسي وساعات السطوع الشمسي

تتركز أعلي معدلات للإشعاع الشمسي في منطقة الدراسة من مارس إلي مايو وتنخفض تدريجياً من يونيو وحتي أغسطس وذلك لكثرة السحب في هذين الشهرين.وتستمر بالانخفاض الي شهر يناير.كما في الشكل رقم (4-1) الذي يمثل التوزيع الفصلي للإشعاع الشمسي وساعات السطوع الشمسي ميجا جول/متر²/يوم من 1967 – 2016م.



المصدر: عمل الباحث إعتماداً علي المعدلات المناخية للفترة من 1967-2016م

في شهر ديسمبر-يناير اللّذين يمثلان فصل الشتاء تبلغ معدلات الاشعاع الشمسي 20-21.4 ميجا جول /متر^2/يوم وتعتبر أدني مستويات للاشعاع يتم تسجيلها والسبب في ذلك هو صغر زاوية سقوط الشمس، وذلك لتعامدها ناحية مدار الجدي دائرة العرض 23.5^o جنوباً، وتبلغ ساعات السطوع الشمسي في ديسمبر- يناير 10.2 ساعة/يوم.

اما في شهر مارس-مايو ترتفع معدلات الاشعاع الشمسي الي 26.5 ميجا جول /متر^2/يوم وهي أعلي المعدلات وذلك لتعامد الشمس علي منطقة الدراسة وهي في طريقها للتعامد علي مدار السرطان في يونيو ولإرتفاع زاوية سقوط الاشعة ،جفاف الهواء وخلو السماء من السحب. وتصل ساعات السطوع الشمسي الي 10.1-9.7 ساعة/يوم.

في شهر يونيو-سبتمبر تبدأ معدلات الاشعاع الشمسي بالهبوط لتبلغ 24 ميجا جول /متر^2/يوم وذلك لأن هذه الشهور تمثل بداية موسم الامطار وتحديداً يوليو وأغسطس، وتحجب السحب اشعة الشمس وتقل عدد ساعات السطوع الشمسي الي 8.3 ساعة /يوم في شهر أغسطس.

معلوم أنه كلما زادت ساعات سطوع الشمس زادت كمية الإشعاع الساقطة علي سطح الارض، وعند حساب معامل الإرتباط بين كل من الإشعاع الشمسي وعدد ساعات السطوع الشمسي وجدت أنها علاقة طردية موجبة حيث بلغت 0,77.

3-4: درجات الحرارة:

1-3-4:التوزيع الشهري لمعدلات درجات الحرارة

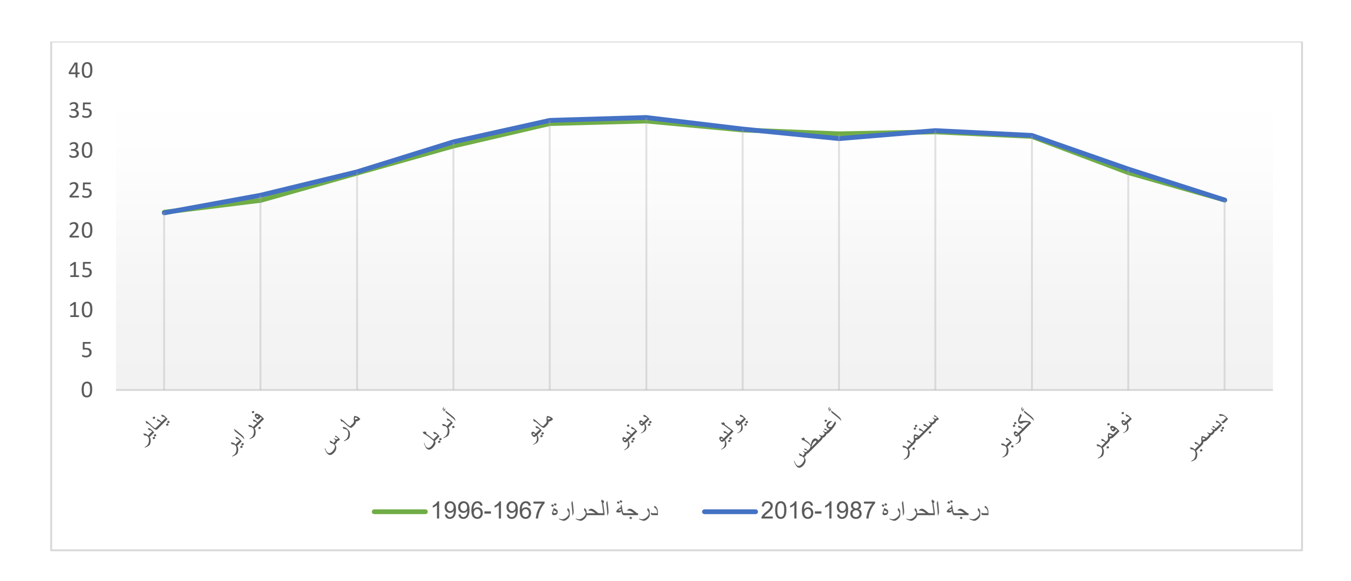
تتباين المتوسطات الشهرية لدرجات الحرارة في منطقة الدراسة تبعاً لإختلاف الفصول ،يتضح ذلك أن شهر يناير يعد من أبرد الشهور في منطقة الدراسة خاصة وفي معظم أنحاء البلاد لا تقل درجة الحرارة عن 22.2ºم ، أما شهر فبراير فإنه لايختلف كثيراً عن شهر يناير بينما يكون الإرتفاع واضحاً في شهر مارس وأبريل بسبب إنتقال الشمس شمالاً نحو مدار السرطان.

يستمر الإرتفاع في درجات الحرارة في شهري مايو ويونيو حتي شهري يوليو وأغسطس حيث تزيد في هذه الشهور درجة الحرارة عن 32ºم .أما في شهر سبتمبر فإن درجة الحرارة تبدأ في الإنخفاض التدريجي حتي شهر نوفمبر ، وبحلول شهر ديسمبر تصل درجة الحرارة إلي 23.8ºم ويعود السبب في إنخفاض درجات الحرارة إلي إنتقال الشمس جنوباً نحو مدار الجدي، وحلول فصل الشتاء في النصف الشمالي للكرة الارضية بما في ذلك منطقة الدراسة. في الجدول رقم (4-1) تمثيل التوزيع الشهري لمعدلات درجات الحرارة للفترتين1967-1996م و1987-2016م.

	الشهر	درجة الحرارة 1996-1967	درجة الحرارة 2016-1987
إنخفاض	يناير	22.27	22.2
	فبراير	23.76	24.4
إرتفاع تدريجي	مارس	27.18	27.34
	أبريل	30.6	31.1
أعلي إرتفاع	مايو	33.41	33.8
	يونيو	33.72	34.15
	يوليو	32.6	32.7
إنخفاض نوعاً ما	أغسطس	32.1	31.5
	سبتمبر	32.33	32.5
	أكتوبر	31.8	31.9
	نوفمبر	27.24	27.7
	ديسمبر	23.8	23.8
	المتوسط العام	**29.23**	**29.42**

المصدر: عمل الباحث إعتماداً علي المعدلات المناخية للفترة من 1967-2016م

من خلال مقارنة وتحليل متوسطات درجات الحرارة الشهرية للفترتين من 1967-1996م و1987-2016م تبين أن متوسط درجة الحرارة في الفترة1987-2016م زاد بنسبة 0.19°م عنها في الفترة 1967-1996م مما يشير إلي أن الإتجاه العام لدرجة الحرارة خلال هذه الفترة يسير نحو الإرتفاع.الشكل (4-2) يوضح الإتجاه العام لمعدلات درجات الحرارة خلال الفترتين 1967-1996 و 1987-2016م.



المصدر: عمل الباحث إعتماداً علي المعدلات المناخية للفترة من 1967-2016م

2-3-4: التوزيع السنوي لمعدلات درجات الحرارة :

تصل متوسطات الحرارة السنوية في ولاية الخرطوم إلي أكثر من 29°مئوية وتتميز بالتجانس لعدم وجود تناقضات تضاريسية. عند مقارنة متوسطات درجات الحرارة لسنوات الدراسة إتضح أن هناك إرتفاع في درجات الحرارة حيث بلغ المتوسط السنوي للفترة من 1967-1996م حوالي 29.25ºم وبإنحراف معياري 0.81 وأرتفعت في العام 1987-2016م إلي 29.38ºم وإنحراف معياري 0,56. جدول رقم(4-2) التوزيع السنوي لمعدلات درجة الحرارة من 1967-2016م مع توضيح الإنحراف المعياري والتباين.

الفترة	متوسط درجة الحرارة	الإنحراف المعياري	التباين	المدي	أقل قيمة	أعلي قيمة
1996-1967	29.26º	0,87	0,76	4.4	28.3	32.7
2016-1987	29.37º	0,57	0,33	2.8	27.6	30.5

المصدر: عمل الباحث إعتماداً علي المعدلات المناخية للفترة من 1967-2016م

وعند مقارنة نسبة الإرتفاع للمتوسط السنوي بين الفترتين إتضح أن هنالك فرقاً في زيادة درجات الحرارة بلغت حوالي 0.11ºم.

3-3-4:التباين الشهري في معدلات درجات الحرارة العظمي والصغري:

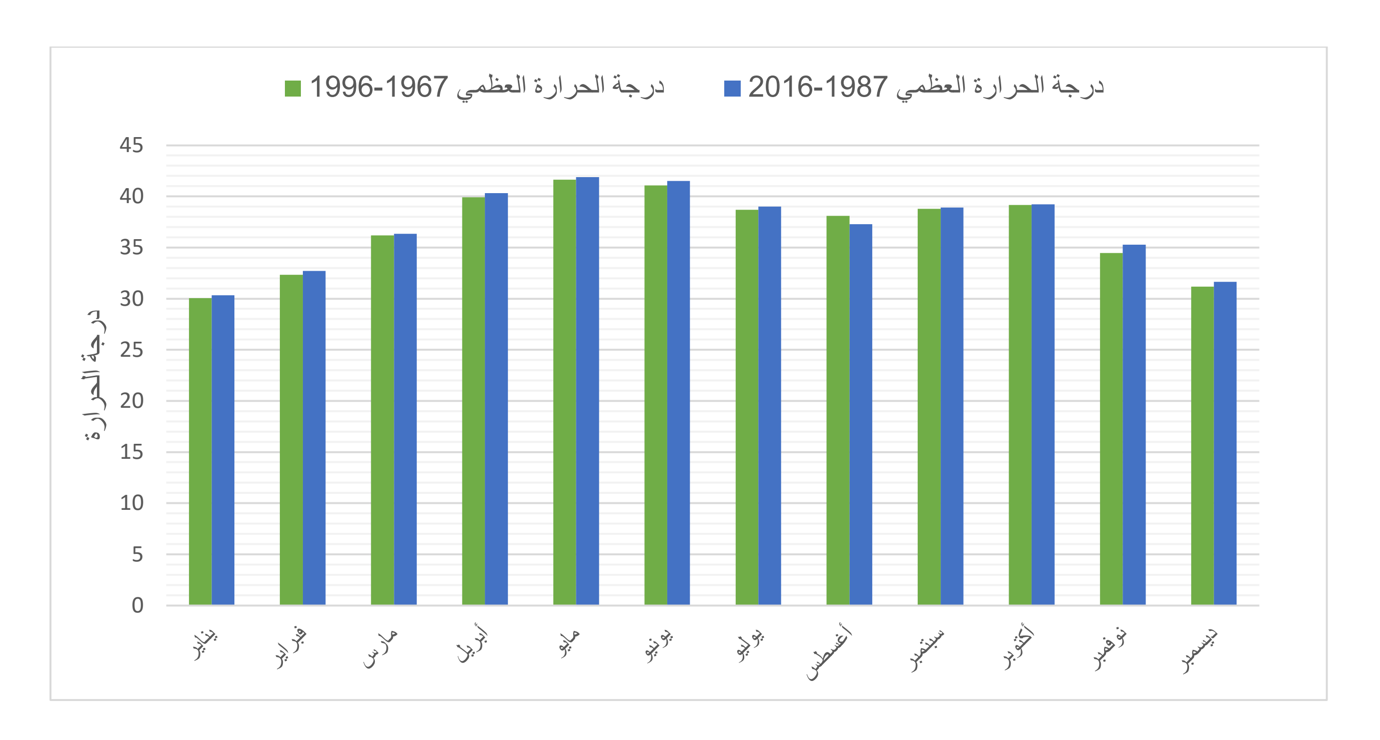
تتفاوت درجات الحرارة العظمي تفاوتاً كبيراً خلال شهور السنة، ففي فصل الصيف – شهر يوليو- تصل درجة الحرارة العظمي إلي أكثر من 38ºم وتتناقص تدريجياً لتصل إلي 31ºم في شهر ديسمبر.

ففي فصل الشتاء - شهر يناير - تصل درجة الحرارة العظمي إلي 30ºم وتتجه نحو الإرتفاع التدريجي لتصل إلي 41ºم في شهري مايو ويونيو، ويلاحظ من خلال مقارنة المتوسط العام للفترتين أن هنالك إرتفاع في درجة الحرارة العظمي بواقع 0,14ºم. جدول رقم (4-3) معدلات درجات الحرارة العظمي الشهرية للفترتين1967-1996 و 1987-2016م.

الشهر	درجة الحرارة العظمي 1967-1996	درجة الحرارة العظمي 1987-2016
يناير	30.04	30.33
فبراير	32.32	32.72
مارس	36.19	36.33
أبريل	39.92	40.31
مايو	41.63	41.88
يونيو	41.06	41.50
يوليو	38.70	39.00
أغسطس	38.11	37.28
سبتمبر	38.80	38.90
أكتوبر	39.17	39.22
نوفمبر	34.47	35.28
ديسمبر	31.17	31.64
المتوسط العام	**36.79**	**36.94**

المصدر: عمل الباحث إعتماداً علي المعدلات المناخية للفترة من 1967-2016م

الشكل رقم (4-3) تمثيل معدلات درجات الحرارة العظمي الشهرية للفترتين 1967- 1996م و 1987- 2016م



المصدر: عمل الباحث إعتماداً علي المعدلات المناخية للفترة من 1967-2016م

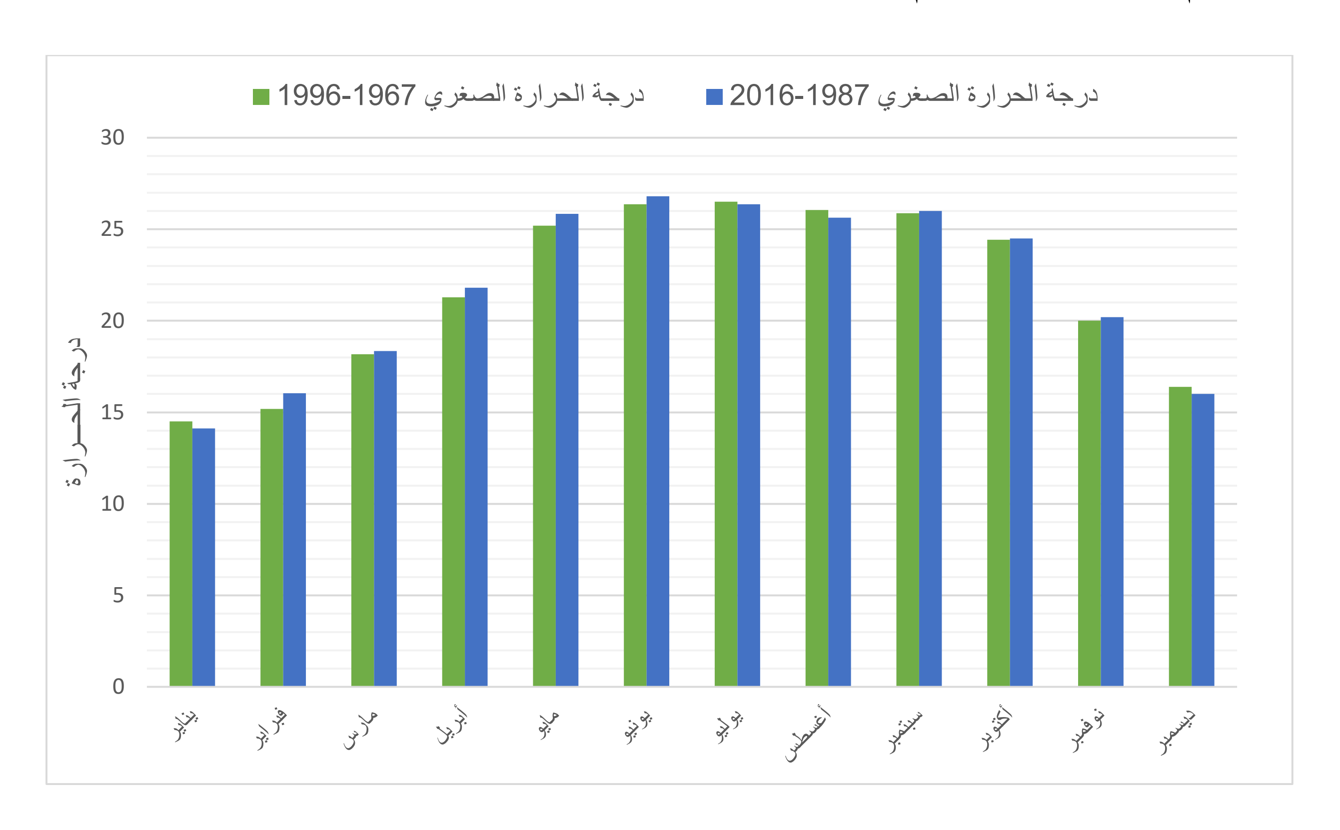
أما متوسطات درجة الحرارة الصغري تلاحظ أن هناك تفاوت في قيمها، فخلال شهر يناير تصل إلي 14°م وتبدأ في الإرتفاع التدريجي لتصل إلي 26°م في شهر يوليو وتستمر في الإرتفاع حتي شهر سبتمبر، وبعدها تتجه نحو التناقص التدريجي حتي ديسمبر لتصل إلي 16° مئوية . وأيضاً من خلال مقارنة المتوسط العام للفترتين تلاحظ أن هناك إرتفاع في درجة الحرارة الصغري بواقع 0,10°م.

جدول رقم (4-4) معدلات درجات الحرارة الصغري الشهرية للفترتين 1967-1996م و1987-2016م.

الشهر	درجة الحرارة الصغري 1967-1996	درجة الحرارة الصغري 1987-2016
يناير	14.50	14.12
فبراير	15.19	16.05
مارس	18.17	18.35
أبريل	21.28	21.80
مايو	25.19	25.84
يونيو	26.37	26.80
يوليو	26.50	26.36
أغسطس	26.06	25.64
سبتمبر	25.87	26.00
أكتوبر	24.43	24.50
نوفمبر	20.00	20.20
ديسمبر	16.40	16.00
المتوسط العام	**21.66**	**21.80**

المصدر: عمل الباحث إعتماداً علي المعدلات المناخية للفترة من 1967-2016م

الشكل رقم (4-4) تمثيل متوسطات درجات الحرارة الصغري الشهرية للفترتين 1967-1996م و 1987- 2016م



المصدر: عمل الباحث إعتماداً علي المعدلات المناخية للفترة من 1967-2016م

4-3-4:التباين السنوي في معدلات درجات الحرارة العظمي والصغري:

من خلال تحليل درجات الحرارة لسنوات الدراسة بإستخدام المتوسطات الحسابية فإن أعلي قيم لدرجات الحرارة العظمي السنوية كانت36.94°م سجلت خلال الفترة من 1987-2016م ، وسجلت درجات الحرارة الصغري متوسطاً بلغ 21.8ºم خلال الفترة من 1987-2016م ،ويرجع ذلك الإرتفاع في درجات الحرارة إلي كبر كمية الإشعاع الشمسي الساقط علي سطح الأرض طول ساعات النهار. كما بالجدول رقم (4-5) معدلات درجات الحرارة العظمي والصغري السنوية للفترتين 1967-1996م و1987-2016م.

السنة	درجة الحرارة العظمي	درجة الحرارة الصغري
1996-1967	36.7980	21.6623
2016-1987	36.9430	21.8073

المصدر: عمل الباحث إعتماداً علي المعدلات المناخية للفترة من 1967-2016م

4-4:التوزيع الموسمي لمناطق الضغط الجوي في منطقة الدراسة

4-4-1: مقدمة

يعتبر الضغط الجوي فوق أفريقيا والمناطق التي حولها من أهم العوامل التي تؤثر علي مناخ السودان بصفة عامة ومنطقة الدراسة بصفة خاصة، فهو الذي يؤثر علي حركة الرياح ويحدد مسارها، وبهذا يحدد نوعية الكتل الهوائية التي تسود فوق السودان ،وهذه بدورها تحدد طبيعة ونوعية الأمطار ،تم اختيار شهر يناير ويوليو ممثلين لفصلي الصيف والشتاء.(نعيمة،2004م)

يؤثر علي مناخ السودان ثلاثة مرتفعات جوية دائمة ومنخفض جوي دائم واحد وهي:

- مرتفع الأوزور يتمركز في جزر الأوزور فوق المحيط الأطلسي شمال غرب أفريقيا.
- مرتفع جنوب المحيط الأطلسي.
- مرتفع المحيط الهندي.
- المنخفض الإستوائي

هنالك أيضا مرتفعات ومنخفضات موسمية لها تأثير مباشر علي الأمطار وتتغير بتغير درجات الحرارة في فصول السنة منها:

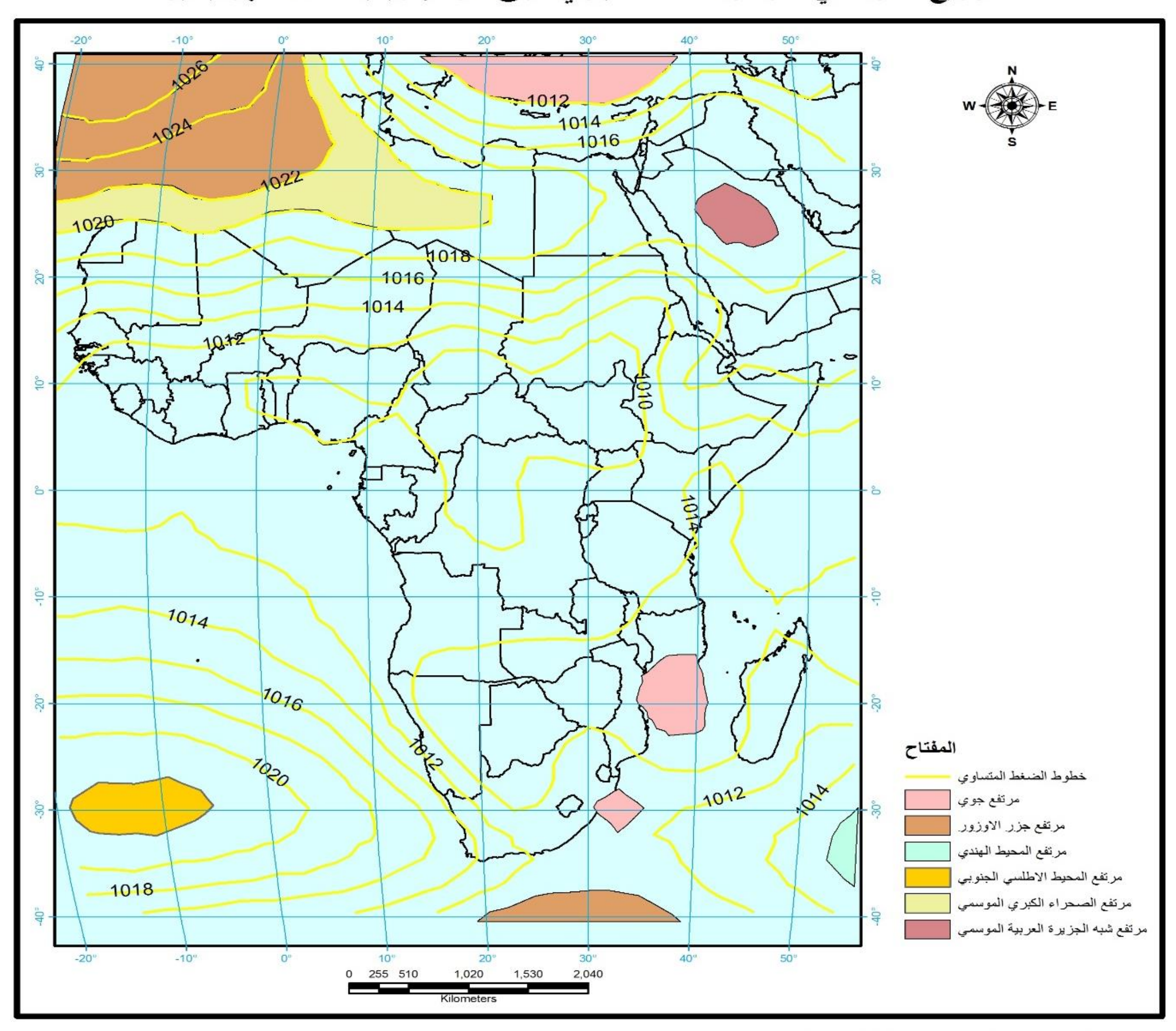
- مرتفع الصحراء الكبري ومرتفع الجزيرة العربية واللذان يتكونان خلال فصل الشتاء.
- منخفض الصحراء الكبري ومنخفض الجزيرة العربية واللذان يتكونان خلال فصل الصيف.

2-4-4: الضغط الجوي في شهر يناير

يتكون ضغط جوي مرتفع في شمال أفريقيا خلال شهر يناير وذلك بسبب تعامد الشمس علي مدار الجدي، حيث تسقط أشعة الشمس بزواية مائلة علي الجزء الشمالي من الكرة الأرضية ، ونتيجة للتناسب العكسي بين درجة الحرارة والضغط الجوي يرتفع الضغط الجوي في الصحراء الكبري نتيجة لإنخفاض درجة الحرارة، ويتصل هذا المرتفع بمنطقة الضغط المرتفع الأوزوري ، ويمتد شرقاً ليضم مرتفع شبة الجزيرة العربية.

خريطة رقم(4-1) التوزيع الموسمي لمراكز الضغط الجوي خلال شهر يناير.

التوزيع الموسمي لمراكز الضغط الجوي فوق قارة إفريقيا خلال شهر يناير



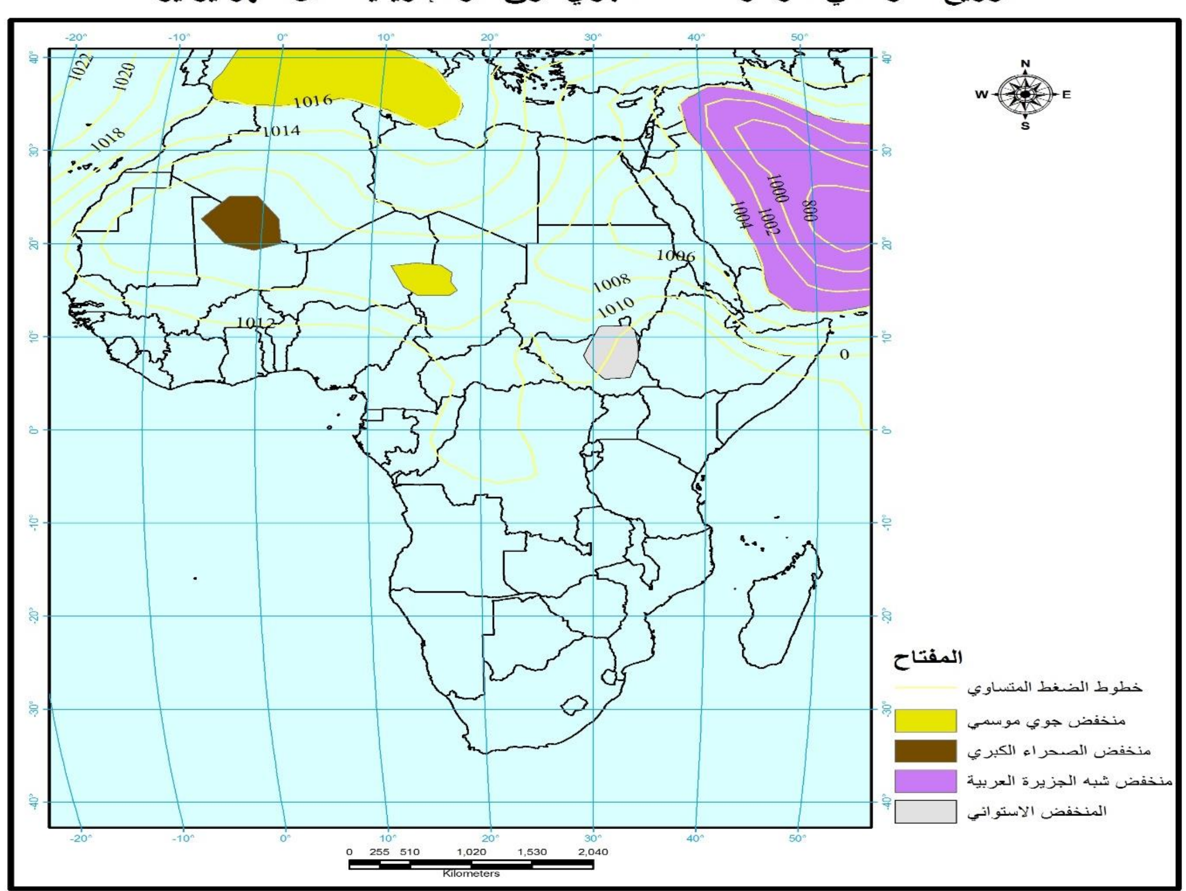
المصدر: موقع مناخات العالم بتصرف من الباحث 2019م

3-4-4: الضغط الجوي في شهر يوليو

مع بداية فصل الصيف- شهر يوليو- يبدأ الضغط الجوي في التغير بحيث يصبح المرتفع الجوي في الصحراء الكبري وفي الجزيرة العربية قد بدأ بالضعف والإنكماش، ويحدث ذلك مع تعامد الشمس في شهر يوليو علي مدار السرطان -الصيف الشمالي- فينشأ الضغط المنخفض في الصحراء الكبري ويتمدد شرقاً ليضم مناطق الضغط المنخفض في شبة الجزيرة العربية، ويتعمق هذا المنخفض حتي المنخفض الإستوائي الدائم (Bhalotra,1963)

تؤثر توزيعات الضغط الجوي صيفاً وشتاءً علي حركة الرياح واتجاهها في منطقة الدراسة كما سيأتي في الصفحات التالية.

خريطة رقم (4 - 2) التوزيع الموسمي لمراكز الضغط الجوي خلال شهر يوليو.



المصدر: موقع مناخات العالم بتصرف من الباحث 2019م



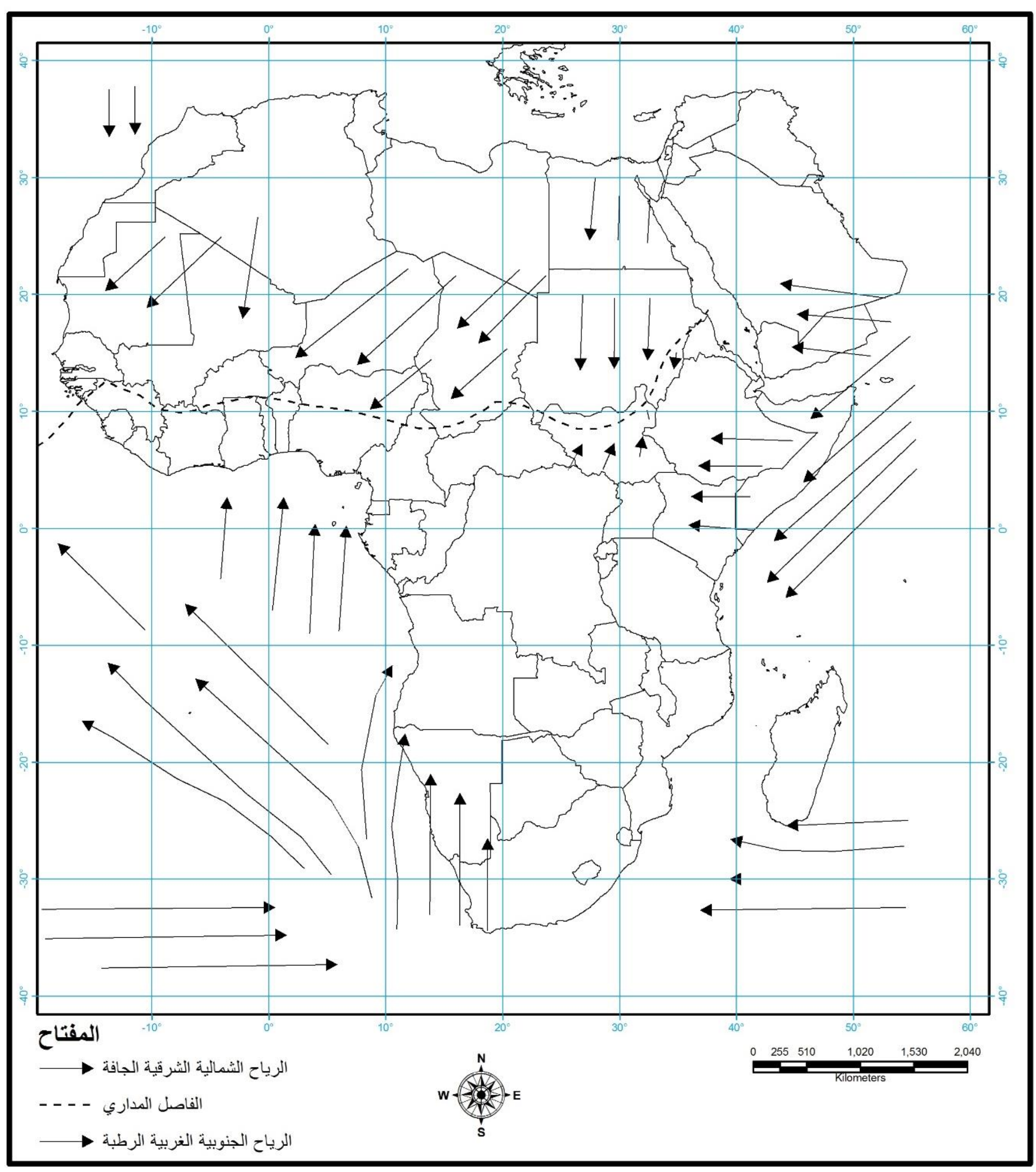
5-4:نظم الرياح وإتجاهاتها في منطقة الدراسة:

للرياح دور كبير في نقل الكتل الهوائية من منطقة إلي أخري، فالرياح التي تهب من المحيطات وهي محملة ببخار الماء تنقل الكتل ذات الرطوبة وبخار الماء إلي مناطق قارية قد تكون بعيدة عن تلك المحيطات، وأهم عامل يؤثر علي توزيع الرياح هو توزيع مراكز الضغط الجوي.

أ- الرياح في فصل الشتاء

الرياح التي تهب علي منطقة الدراسة في شهر يناير الذي يمثل فصل الشتاء هي رياح تهب من مراكز الضغط المرتفع التي تم شرحها سابقاً في شمال أفريقيا كرياح تجارية شمالية شرقية ،وهي تحمل الكتل الهوائية المدارية الجافة، بالإضافة إلي أنها تسير في إتجاه مضاد لحركة الرياح الجنوبية الغربية الرطبة ، فهي تتجه نحو مصادر بخار الماء في المحيط الأطلسي مما يجعلها عديمة الجدوي بالنسبة للأمطار(التوم، 1974م) فهي تهب من اليابس، بمعني آخر مراكز الضغط المرتفع الموسمية فوق الصحراء الكبري ، وتؤثر هذه الرياح علي كل القطر مما يجعله منطقة جافة خلال هذه الأشهر. راجع الخريطة رقم (4 - 3) إتجاه الرياح السطحية الموسمية السائدة خلال شهر يناير.

إتجاه الرياح السطحية الموسمية السائدة خلال شهر يناير



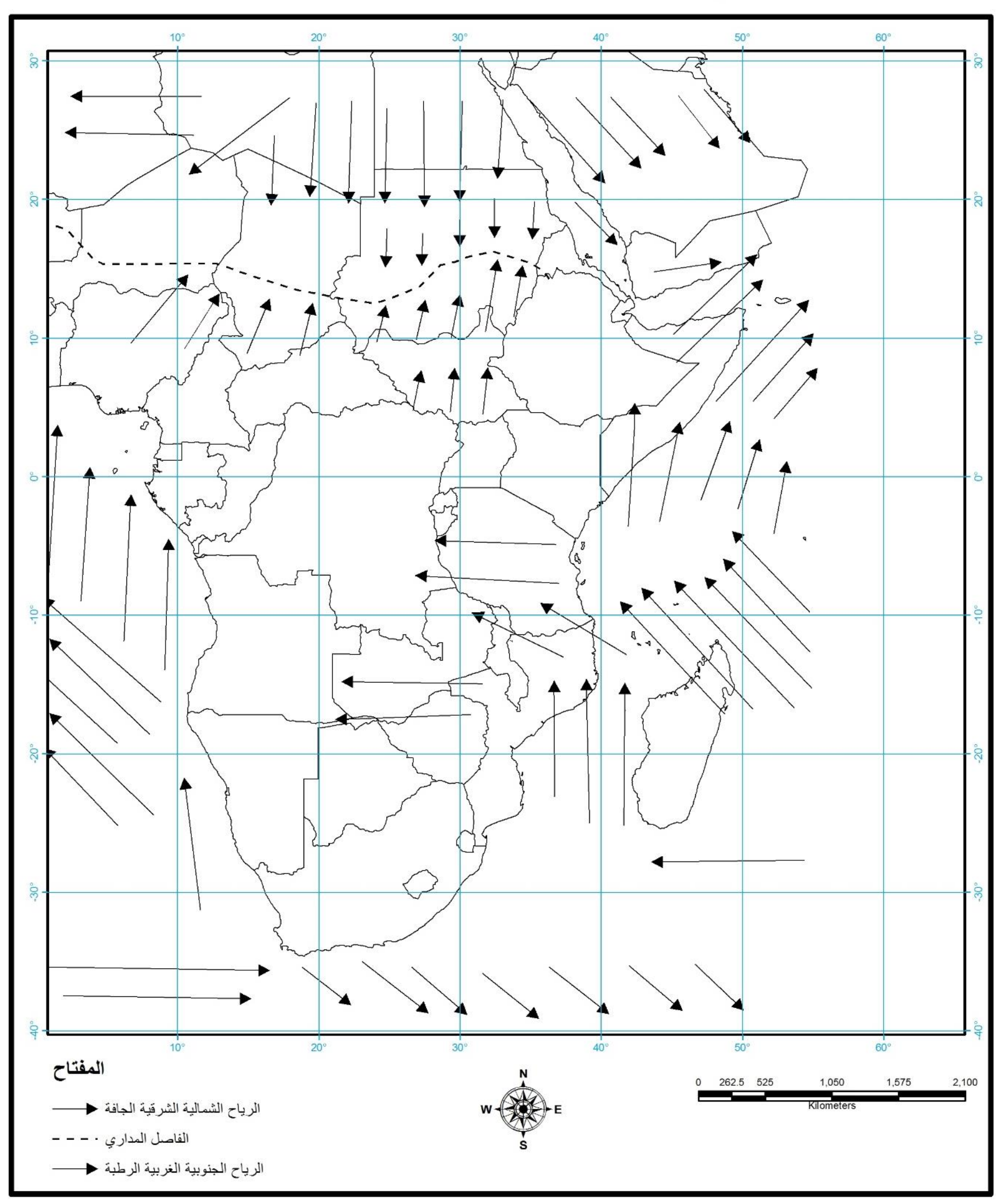
المصدر: موقع مناخات العالم بتصرف من الباحث 2019م

ب- الرياح في فصل الصيف

في شهر يوليو الذي يمثل فصل الصيف ونتيجة للمنخفض الجوي فوق الصحراء الكبري وإتصاله مع المنخفض الإستوائي الذي يكون في تلك الفترة شمال خط الإستواء بكامله تعبر الرياح الجنوبية الشرقية خط الإستواء وتتجه ناحية المنخفض الإستوائي ،وبعبورها لخط الإستواء تتحول إلي رياح موسمية جنوبية غربية مشبعة بالرطوبة تتوغل شمالاً منجذبة ناحية منخفض الصحراء الكبري الموسمي ومنخفض السودان الحراري.(المرجع السابق)

تعتبر الرياح الموسمية الجنوبية الغربية الرطبة هي المسببة لحدوث الأمطار في السودان بشكل عام ، وترتبط الأمطار بحركة الفاصل المداري شمالاً ،وهي أمطار صيفية تهطل خلال الفترة من بداية شهر يوليو وحتي سبتمبر. انظر الخريطة رقم (4 - 4) إتجاه الرياح السطحية الموسمية السائدة خلال شهر يوليو.

.إتجاه الرياح السطحية الموسمية السائدة خلال شهر يوليو



المصدر: موقع مناخات العالم بتصرف من الباحث 2019م

1-5-4:الرياح المحلية

هنالك رياح تحدث نتيجة لفروقات الضغط المحلية ويصنف بالوترا(Bhalotra,1963) هذه الرياح الي ثلاث أقسام:

أ- الهبوب.

ب-العواصف الترابية التي تتبع الرياح الموسمية.

ج- العواصف الترابية المرتبطة بالرياح الشمالية الشرقية.

ويرجع (Ali,1986) اهم مسببات العواصف التي تتبع الرياح الموسمية الي فروق في معدلات الضغط الجوي والحرارة بين المناطق الممطرة في الجنوب والمناطق الحارة الي الشمال منها، بينما يعزي النوع الاخير من الرياح الي مرور الكتلة الهوائية الباردة والجبهات المصاحبة للمنخفضات الجوية، أما السحب الركامية التي تعتبر دليلاً علي التقلبات الجوية التي تصاحب الظروف غير المستقرة للتوازن الجوي فهي المسئولة عن النوع الاول من الرياح المحلية.

6-4:طبيعة الأمطار في منطقة الدراسة

عملية هطول الأمطار عملية طبيعية تحدث كلما كانت الظروف الطبيعية للغلاف الجوي ملائمة لذلك،وتسبقها دائماً بعض التطورات الأساسية التي تهيئ الجو ليرسب كل أو بعض ما يحمله من بخار الماء المتكثف. (التوم، 1974م)

تتحول كميات كبيرة من المياه إلي بخار ماء يحمله الهواء كجزء لا يتجزأ من مكوناته الغازية، وعن طريق التكثف تعود نسبة معينة من ذلك البخار إلي طبيعتها السائلة فتظهر في شكل سحب ويحدث ذلك عندما يعجز الهواء عن حمل كل الكميات المتوفرة من بخار الماءعلماً بأن مقدرة الغلاف الجوي علي حمل بخار الماء محدودة جداً وتتحكم فيها مستويات درجات الحرارة (شرف،1961م).

بالإضافة إلي هذا فإن عملية التبخر تعتمد علي توفر مصادر مائية مناسبة كالبحار والمحيطات، لتغذية الغلاف الجوي بكميات من بخار الماء ليحدث التكثف.

طبيعة وتوزيع الأمطار في السودان تتأثر بشكل عام بالدورة العامة للرياح فوق أفريقيا وآسيا،وتعتبر منطقة التقاء الكتلة المدارية القارية بالكتلة المدارية البحرية الرطبة وهي ما يعبر عنه بجبهة الالتقاء المدارية (ITCF) العامل الرئيسي المتحكم في الامطار.(Solot, 1960) كما سيرد الحديث عنها لاحقاً في الفصل الخامس.

كما أن تريوارثا(Trewartha, 1968) أقر بأن الامطار لا تهطل الا في المناطق جنوب الفاصل المداري بحوالي 320كم، حيث يكون تعمق الهواء الرطب وغير المستقر، وهذا يساعد علي تكوين السحب الممطرة مثل السحاب الركامي.

مع قدوم فصل الصيف - يونيو- سبتمبر- تبدأ هبوب الرياح الجنوبية الغربية التي تظهر خلال شهر مارس ثم تتقدم شمالاً لتغطي القطر بأكمله عند نهاية شهر أغسطس.هذه الرياح الجنوبية الغربية تهب من إتجاه المحيط الأطلسي ومن فوق خليج غينيا والمحيط الهندي، وتهب لمسافات طويلة فوق مياه المحيطين الأطلسي والهندي مما يمكنها من حمل كميات هائلة من بخار الماء من فوق تلك المصادر المائية لذا فإنها تكون رياحاً مشبعة بالرطوبة.

إن هذه الرياح الجنوبية الغربية المحملة بالرطوبة هي المسئولة فعلاً عن توفير بخار الماء، لذا فإن مواعيد هطول الأمطار في السودان تتطابق تماماً مع مواعيد هبوب هذه الرياح، ولقد أدي هذا الوضع إلي حصرالأمطار في فصل الصيف المتأخر فقط أي في الفصل الذي تهب فيه الرياح الجنوبية الغربية الرطبة (يونيو - سبتمبر).

هناك عامل آخر يؤثر علي الأمطار هو التيار النفاث المداري الشرقي الذي يظهر في أجواء السودان العليا خلال فترة الصيف(kotes waram,1958)، وأيضاً العواصف الرعدية الطولية التي تنتظم بعد الظهر في سلسلة من السحب الركامية. (Bhalotra,1963)

نتيجة لإختلاف طبيعة الرياح التجارية الشمالية الشرقية الجافة والحارة، والرياح الموسمية الجنوبية الغربية الرطبة نجد منطقة إلتقاء الرياح تكون في خط مائل لان الرياح التجارية الحارة تكون كثافتها اقل فترتفع الي اعلي علي طول منطقة اللقاء.

4 -1-6:أنواع الأمطار:

من المعروف أن هناك ثلاثة طرق لرفع الهواء طبيعياً وهي الطريقة التضاريسية والطريقة الجبهية وأخيراً الطريقة التصاعدية وهي التي تهمنا في هذه الدراسة .

الرفع التصاعدي يرتبط بتكون تيارات حرارية تصاعدية نتيجة لإرتفاع درجات الحرارة علي سطح الأرض ويكون ذلك عادةً في نطاق محلي محدود. كنتيجة لتأثير حرارة الشمس وإرتفاع درجات الحرارة علي سطح الأرض نجد أن الأجزاء السفلي من الغلاف الجوي تسخن هي الأخري فتتمدد وتصبح بذلك أقل كثافة من الهواء الذي حولها مما يمكنها من الصعود إلي أعلي فيشكل تيارت تصاعدية ، وكما هو معلوم فإن درجة حرارة هذه التيارات تنخفض كلما زاد إرتفاعها، وتبدأ مرحلة التشبع الكامل بالرطوبة والتخلص من بعض محتوياتها من بخار الماء وتظهر علي هيئة سحب .

شئ هام يجدر ذكره هنا وهو أنه بالإضافة إلي إرتفاع درجة الحرارة علي سطح الأرض فإن حدة التيارات التصاعدية ومداها يعتمدان علي مدي إستقرار وعدم إستقرار الهواء في منطقة تكوّن هذه التيارات . فعندما يكون الجو غير مستقر فإن ذلك يساعد التيارات التصاعدية علي الوصول إلي إرتفاعات كبيرة يمكنها من تحويل بخار الماء الذي تحمله الي سائل مما يؤدي إلي ظهور سحب كثيفة في بعض الاحيان.

الأمطار في منطقة الدراسة تحدث عادة من سحب ذات نمو رأسي لذلك فإن السحب الممطرة هي من النوع الركامي أو الركامي المزني ، ولكن قد يحدث من حين لآخر هطول أمطار خفيفة من سحب من النوع الطبقي ، وهذه عادة تستمر لفترات طويلة وتغطي مساحات شاسعة ، بعكس

الأمطار التي تهطل من سحب ركامية حيث أن الأخيرة تكون في شكل زخات عنيفة تستمر لفترات قصيرة وتؤثر علي مناطق محدودة.(سبيل،1996م)

معظم مناطق السودان تستمد أمطارها من عواصف رعدية منفردة أو مجموعة متقاربة من العواصف الرعدية هي عادة تحدث أعنف الأمطار. من أهم مميزات العواصف الرعدية أنها تتحرك من الغرب إلي الشرق، أي أنها تتحرك في إتجاه مضاد لإتجاه الرياح الجنوبية الغربية الرطبة.(التوم،1974م) الذي يحدث أن هذه العواصف تبدأ كعواصف فردية متفرقة تتكون بشكل عشوائي داخل نطاق الرياح الجنوبية الغربية ونسبة للنشاط العنيف الذي يصاحب تكوّن هذه العواصف الرعدية فإنها ترتفع في فترة وجيزة إلي طبقات الجو العليا وتدخل في نطاق التيار الشرقي النفاث الذي يسيطر علي أجواء السودان العليا طوال فترة الصيف، عندئذٍ تبدأ العواصف الرعدية في الإتجاه غرباً مع الرياح الشرقية العليا محدثة زخات عنيفة لفترة وجيزة سرعان ما تتحلل بعدها تلك العواصف الرعدية بسرعة شديدة وهي صفة مميزة لها.

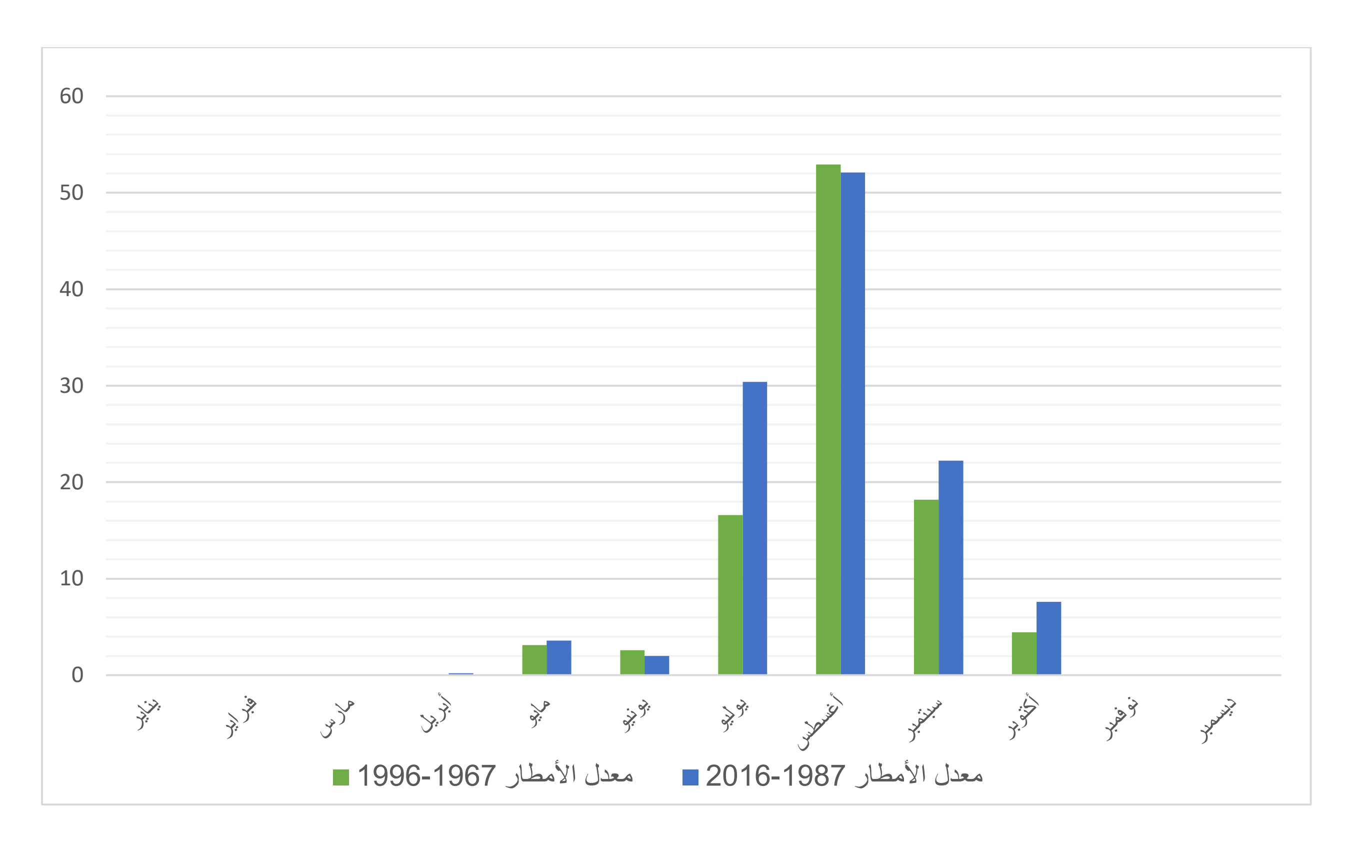
2-6-4:التوزيع الشهري لمعدلات الأمطار في منطقة الدراسة

من شهر يناير وحتي أبريل ينحبس المطر في منطقة الدراسة وهذا راجع إلي سيادة الكتلة المدارية الجافة والتي تبدأ بالتقهقر من شهر مارس وحتي يوليو ،وتبدأ الأمطار في الهطول في شهر يونيو بمعدل أقل من 3ملم. مع تقدم جبهة الالتقاء المدارية شمالاً يستمر هطول الأمطار في شهر يوليو حتي أغسطس حيث يبلغ المتوسط 52 ملم ، ويبدأ معدل الامطار في الانخفاض في شهر سبتمبر وذلك لتراجع جبة الالتقاء المدارية، ومن خلال ذلك يتضح أن للأمطار قمة واحدة هي في شهر أغسطس. كما في الجدول رقم (4-6) والشكل رقم (4-5) التوزيع الشهري لمعدلات الأمطار للفترتين1967-1996م و 1987 2016م.

الشهر	متوسط الأمطار 1967-1996	متوسط الأمطار 1987-2016
يناير	0	0
فبراير	0	0
مارس	0.01	0
أبريل	0	0.2
مايو	3.13	3.6
يونيو	2.6	2
يوليو	16.6	30.4
أغسطس	52.93	52.1
سبتمبر	18.18	22.23
أكتوبر	4.45	7.6
نوفمبر	0	0
ديسمبر	0	0
المتوسط العام	**13.99**	**16.87**

المصدر: عمل الباحث إعتماداً علي المعدلات المناخية للفترة من 1967-2016م

الشكل رقم (4-5) التوزيع الشهري لمعدلات الأمطار للفترتين1967-1996 و1987-2016م حيث تظهر قمة الأمطار في شهر أغسطس.



المصدر: عمل الباحث إعتماداً علي المعدلات المناخية للفترة من 1967-2016م

3-6-4:التوزيع السنوي لمعدلات الأمطار في منطقة الدراسة

أعلي معدلات الأمطار السنوية سجلت في العام 1988م في شهر أغسطس حيث بلغ معدل الأمطار في هذا الشهر في يوم واحد 446.9 ملم ، وأيضاً 285.2 مللمتر في العام 1968م ،وأدني معدلات أمطار كانت في العام 1984م حيث بلغت 3,4ملم فقط وهي الفترة التي ضرب فيها الجفاف مناطق شمال ووسط السودان و6,4ملم في العام 1990م.أنظر الجدول رقم (4-7) معدلات كمية الأمطار السنوية خلال الفترة 1967-2016م.

السنة	متوسط الأمطار	السنة	متوسط الأمطار	السنة	متوسط الأمطار
1967	247.10	**1984**	3.40	**2001**	128.40
1968	285.20	**1985**	63.60	**2002**	118.20
1969	73.50	**1986**	75.80	**2003**	163.60
1970	89.90	**1987**	72.10	**2004**	66.10
1971	103.80	**1988**	446.90	**2005**	105.50
1972	132.70	**1989**	39.90	**2006**	148.10
1973	92.80	**1990**	6.40	**2007**	126.90
1974	59.10	**1991**	18.50	**2008**	95.20
1975	104.20	**1992**	67.80	**2009**	146.50
1976	140.90	**1993**	30.60	**2010**	76.70
1977	115.90	**1994**	196.70	**2011**	35.60
1978	138.30	**1995**	89.50	**2012**	142.80
1979	116.60	**1996**	171.00	**2013**	143.00
1980	97.80	**1997**	123.80	**2014**	242.50
1981	82.60	**1998**	130.90	**2015**	73.60
1982	74.40	**1999**	121.10	**2016**	166.00
1983	32.00	**2000**	50.00		

المصدر: عمل الباحث إعتماداً علي المعدلات المناخية للفترة من 1967-2016م

من خلال التمثيل البياني في الشكل رقم (4-6) يتضح أن هنالك سنوات تميزت بإرتفاع معدلات أمطارها وسنوات اخري كانت أمطارها دون المعدل العام للأمطار وهو 113.47 ملم وهذا يؤكد أن هناك تباين في الأمطار خلال مدة سنوات الدراسة، فقد أظهرت الفترة من 1969-

1987م تناقصاً في كمية الأمطار، والفترة من 1994 الي 2016م أظهرت تزايداً في كمية الأمطار بشكل تدريجي.

شكل رقم (4 -6) معدلات كمية الأمطار السنوية للفترة 1967-2016م.



المصدر: عمل الباحث إعتماداً علي المعدلات المناخية للفترة من 1967-2016م

يلاحظ أن أقل المعدلات سجلت خلال الفترة من 1980 – 1987م ومن 1990 – 1995م وكانت دون المعدل العام للأمطار ربما يرجع سبب ذلك الي انحسار جبهة الالتقاء المدارية وعجزها عن الوصول الي دائرة العرض 18º شمالاً ، أما بقية السنوات فقد إتسمت بالتذبذب في كمية الأمطار.

4-7:الرطوبة النسبية

يؤثر بخار الماء في تنظيم الإشعاع الشمسي وحفظه في الطبقات السفلي من الغلاف الجوي بالقرب من سطح الأرض فيمتص بخار الماء بعض الإشعاع الشمسي الساقط عليه ثم يقوم بتوزيعه مرة ثانية إلي الهواء. ومن هنا تتم عمليات التبادل الحراري وتبادل الرطوبة بين الهواء وسطح الأرض.

4-7-1:مصادر الرطوبة في السودان:

فيما يخص السودان فإن أراضيه لاتحتوي علي مصادر مائية لبخار الماء أو بالأحري إنها لاتحتوي علي مصادر كافية لبخار الماء. فنهر النيل هو شريط ضيق لا يتوقع أن ينتج كل إحتياجات السودان من بخار الماء ، كما تحفه من الجانبين مناطق شاسعة جافة تؤدي إلي تبدد البخار الصاعد من تبخر مياه النهر، ونسبة إسهامه في كميات بخار الماء المتوفرة فعلاً فوق البلاد ضئيلة جداً بالحد الذي يمكن من إعتباره كأحد مصادر بخار الماء(التوم، 1974م).

لذلك فإن مصادر بخار الماء الحقيقة بالنسبة للسودان تقع علي بعد الآف الأميال فوق مياه المحيط الأطلسي والهندي حيث تتيح الظروف الطبيعية هناك إنتاج كميات هائلة من بخار الماء، لذلك معظم الرطوبة مصدرها هو المحيط الأطلسي والهندي وتعد الرياح الجنوبية الغربية هي بمثابة الآلية التي تنقل هذه الرطوبة للسودان خلال فصل الصيف مما يجعلها أداة فعالة لإستغلال مصادر بخار الماء البعيدة والتي توجد علي بعد آلاف الأميال،هكذا تتوفر كميات كبيرة من بخار الماء فوق السودان علي الرغم من عدم وجود مسطحات مائية مناسبة داخل القطر أو علي مقربة منه. ويعود السبب في عدم توفر الرطوبة في السودان إلي:

- إرتفاع درجات الحرارة طوال أيام السنة.
- قارية المنطقة وبعدها عن المسطحات المائية البحرية.
- سيادة الرياح الشمالية الشرقية الجافة معظم أيام السنة.
- قلة الغطاء النباتي

4-7-2:التوزيع الشهري لمعدلات الرطوبة النسبية:

في شهر يناير والذي يمثل فصل الشتاء ترتفع معدلات الرطوبة النسبية إلي أكثر من 28% ويعود ذلك لإنخفاض درجة الحرارة إذ أنه كلما إنخفضت الحرارة إرتفعت كمية الرطوبة دون أن تزيد كمية بخار الماء الموجودة في الهواء، ويعود ذلك إلي إنخفاض مقدرة الهواء علي حمل بخار الماء لإنخفاض درجة حرارة ذلك الهواء.

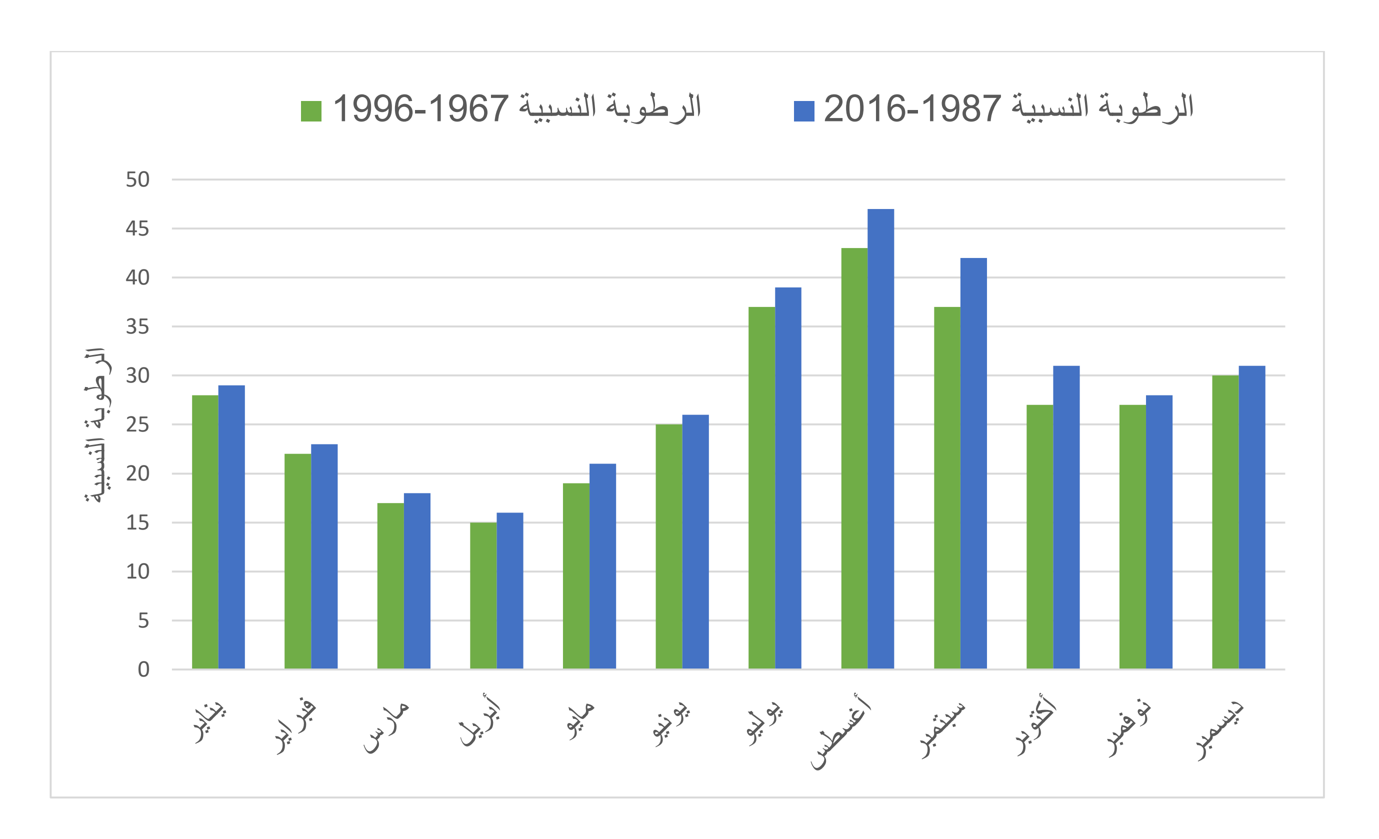
في شهر أبريل تنخفض معدلات الرطوبة النسبية لتبلغ 15 - 16% وذلك لإرتفاع درجات الحرارة وسيادة الكتلة المدارية الجافة ، وفي شهر يوليو وأغسطس ترتفع الرطوبة النسبية إرتفاعاً واضحاً وتصل مستوياتها إلي 47% بسبب توغل الرياح الجنوبية الغربية الرطبة شمالاً.

جدول رقم(4-8) معدلات الرطوبة النسبية الشهرية للفترتين 1967-1996 و 1987-2016م.

الشهر	الرطوبة النسبية 1967-1996	الرطوبة النسبية 1987-2016
يناير	28	29
فبراير	22	23
مارس	17	18
أبريل	15	16
مايو	19	21
يونيو	25	26
يوليو	37	39
أغسطس	43	47
سبتمبر	37	42
أكتوبر	27	31
نوفمبر	27	28
ديسمبر	30	31
المتوسط العام	**27.32**	**29.30**

المصدر: عمل الباحث إعتماداً علي المعدلات المناخية للفترة من 1967-2016م

الشكل رقم (4-7) تمثيل معدلات الرطوبة النسبية الشهرية للفترتين1967- 1996م و 1987-2016م



المصدر: عمل الباحث إعتماداً علي المعدلات المناخية للفترة من 1967-2016م

4-7-3: التوزيع السنوي لمعدلات الرطوبة النسبية في منطقة الدراسة

من خلال مقارنة المعدلات السنوية للرطوبة النسبية من الجدول السابق رقم (4-8) للفترتين تلاحظ أن الرطوبة النسبية بمنطقة الدراسة منخفضة ، وذلك بسبب إرتفاع درجات الحرارة وقلة الغطاء النباتي وسيادة الكتلة المدارية الجافة معظم السنة. مع ظهور تغيرات طفيفة في متوسطات الرطوبة النسبية، حيث أن هنالك زيادة بنسبة 1.99% حدثت خلال الفترة من 1987-2016 مقارنة مع الفترة 1967-1996م .

الفصل الخامس

العلاقة بين التباين الزمني لمعدلات الامطار والمتغيرات المناخية

1-5:مقدمة

يعتبر المطر من أهم عناصر المناخ التي يجب أن توجه له عناية خاصة لأنه الأساس الذي لايمكن أن يقوم بدونه أي نوع من أنواع الحياه علي كوكب الأرض كما أنه موضوع الدراسة ومحور هذه الدراسة.

منطقة الدراسة من المناطق الصحراوية التي تتغير فيها الأمطار تغيراً كثيراً بحيث تزيد عن معدلاتها أو تقل فينعكس ذلك بصورة مباشرة علي الأنشطة الإقتصادية خصوصاً بالنسبة للإنتاج الزراعي الذي يعتمد علي الأمطار، لذلك نجد أن التخطيط للمشاريع الزراعية بشقيها المطري والمروي يعتمد علي العوامل المناخية والأمطار،معدلات الامطار التي تؤثر عليها المتغيرات المناخية بالزيادة او النقصان ستتم مناقشتها في هذا الفصل.

2-5: تذبذب الأمطار:

يقصد به الإختلاف في كمية الأمطار الساقطة بالزيادة أو النقصان، بعبارة أخري التباين عن المعدل العام للأمطار، ولدراسة التذبذب الشهري والسنوي لمتوسطات الأمطار ونمط توزيعها تستخدم عدة طرق أحصائية أبرزها معادلة التذبذب والتي تم ذكرها في الفصل الاول والتي تعتمد علي قسمة متوسط الامطار الساقطة خلال فترات الدراسة علي الانحراف المعياري لمعدل الامطار لسنوات الدراسة (شرف،1961م) وقد جاءت نسبة التذبذب الشهرية متفاوتة بين الفترتين كما في الجدول رقم (5-1) والشكل رقم (5-1).

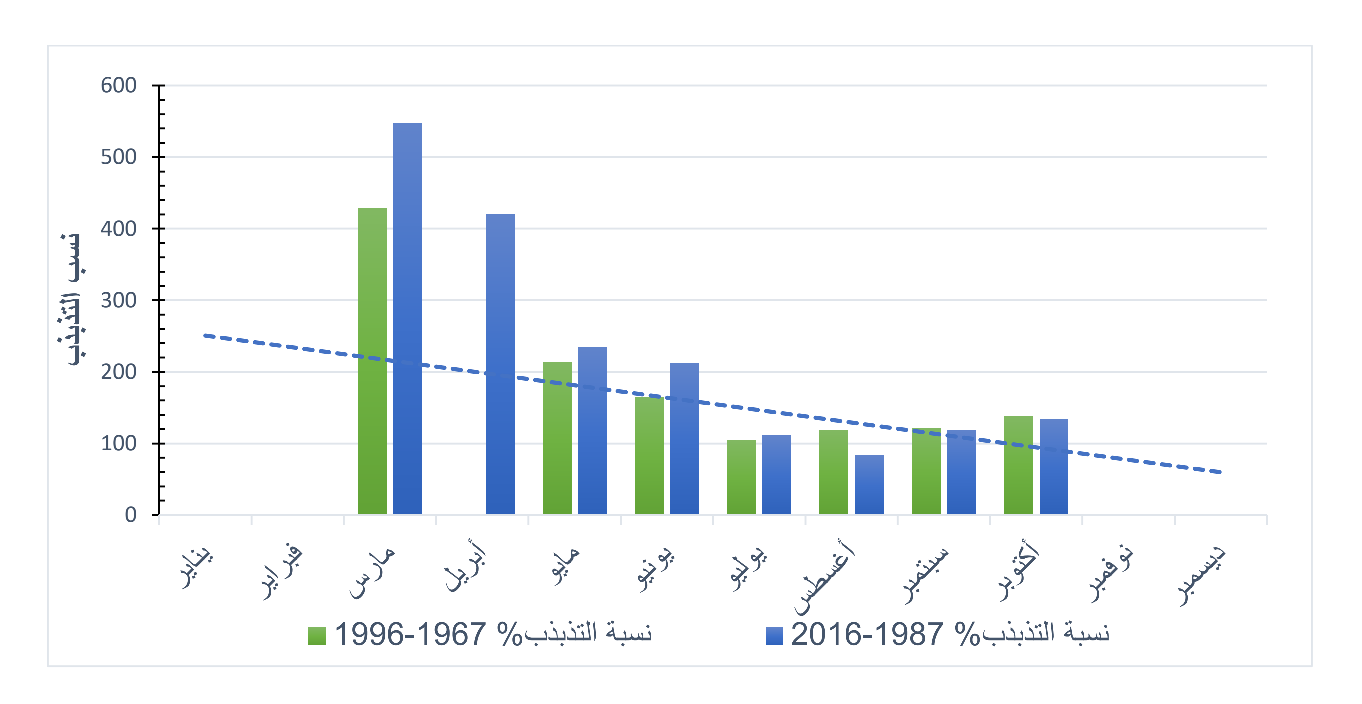
الجدول رقم (5-1) نسب التذبذب الشهرية للأمطار للفترتين 1967-1996و1987-2016م

الشهر	نسبة التذبذب% 1967-1996	نسبة التذبذب% 1987-2016
يناير	00	00
فبراير	00	00
مارس	428.51	547.72
أبريل	00	420.58
مايو	213.24	233.92
يونيو	165.23	212.61
يوليو	104.7	111.13
أغسطس	118.39	84.22
سبتمبر	120.66	119.2
أكتوبر	137.59	133.71
نوفمبر	00	00
ديسمبر	00	00

المصدر: عمل الباحث إعتماداً علي المعدلات المناخية للفترة من 1967-2016م

تلاحظ من خلال تطبيق معادلة تذبذب الأمطار للفترتين أن أعلي نسب للتذبذب تكون في شهر مارس ،أبريل ومايو وتنخفض من شهر يونيو وحتي سبتمبر بإعتبار أن هذه الشهور تمثل موسم الامطار الصيفية وهذا يفسر أن العلاقة بين نسب التذبذب وكمية الأمطار علاقة عكسية .

الشكل رقم (5-1) نسب التذبذب الشهرية للامطار خلال الفترتين 1967-1996م و 1987-2016م.



المصدر: عمل الباحث إعتماداً علي المعدلات المناخية للفترة من 1967-2016م

من الشكل (5-1) يتضح أن العلاقة بين التذبذب الشهري وكمية الأمطار علاقية عكسية فأعلي مستويات التذبذب خلال الفترة من 1967-1996م كانت في شهر مارس 428.51% وشهر مايو 213.24% ، وفي الفترة من 1987 – 2016م وصلت إلي 547.72% في شهر مارس و420.58% في شهر أبريل ، وفي شهري مايو ويونيو كانت أكثر من 200% وتقل تدريجياً خلال فصل الأمطار في شهري يوليو وأغسطس ، وتزيد مرة أخري في شهري سبتمبر وأكتوبر. هذه المعدلات العالية للتذبذب تعكس درجة عالية من عدم الإعتماد علي الأمطار في الزراعة بسبب تذبذبها من سنة إلي أخري.

أما التذبذب السنوي للأمطار جاءت نِسبةُ خلال الفترتين بإختلاف واضح يشير إلي أن الإتجاه العام للأمطار يسير نحو الزيادة ، ففي الفترة من 1967-1996م كانت النسبة 83.16% ووصلت إلي 70.37% خلال الفترة من 1987 -2016م كما في الجدول (5-2).

جدول رقم (5-2) يوضح التذبذب السنوي للأمطار خلال الأعوام من 1967-2016م

السنوات	كمية الامطار بالملم	متوسط الامطار	الانحراف المعياري	نسبة التذبذب%
1967 – 1996م	3269	108.97	90.62	83.16
1987 – 2016م	3544	118.13	83.13	70.37

المصدر: عمل الباحث إعتماداً علي المعدلات المناخية للفترة من 1967-2016م

5-2-1: العلاقة بين نسب التذبذب وكمية الأمطار:

تعد العلاقة بين نسب التذبذب وكمية الأمطار علاقة عكسية حيث تقل نسبة التذبذب كلما زادت كمية الأمطار،بينما تكون العلاقة طردية بين كمية الأمطار والإنحراف المعياري حيث تزداد قيم الإنحراف المعياري كلما زادت كمية الأمطار.وقد بلغ معامل الإرتباط بينهما في الفترة 1967-1996حوالي 0,59 عند مستوي دلالة معنوية 0.05 وفي الفترة 1987-2016م بلغ 0,76 وهذا يدل علي إتجاه كمية الأمطار نحو الزيادة .

الجدول رقم (5-3) يوضح معامل الإرتباط بين نسب التذبذب وكمية الأمطار.

	متوسط الامطار 1967-1996	**متوسط الامطار 1987-2016**	**نسب التذبذب 1967-1996**	**نسب التذبذب 1987-2016**
متوسط الامطار 1967-1996	1			
متوسط الامطار1987-2016	0.97	1		
نسب التذبذب 1967-1996	0.588	0.681	1	
نسب التذبذب 1987-2016	0.759	0.824	0.933	1

المصدر: عمل الباحث إعتماداً علي المعدلات المناخية للفترة من 1967-2016م

3-5: التغيرات الشهرية والسنوية في معدلات الأمطار بحساب الإنحراف المعياري

من المعروف أن معدلات الأمطار سواءً كانت الشهرية منها أو السنوية، تحسب علي فترة لاتقل عن ثلاثين أو خمسة وثلاثين عاماً مما يجعل منها معدلات عامة قد تختلف كثيراً أو قليلاً عن كميات الأمطار التي تهطل فعلاً في أي سنة معينة أو أي شهر معين.

أحياناً تكون الكميات الفعلية أكثر من المتوسطات أو المعدلات بينما قد تكون في أحيان أخري أقل من تلك المعدلات .هذه التغيرات الشهرية أو السنوية في كميات الأمطار لها آثار إقتصادية قد تكون خطيرة جداً في المناطق التي تعتمد إعتماداً أساسياً علي الري المطري.

هنالك عدة طرق لتقدير مدي التغيرات بالنسبة لمعدلات الأمطار من بينها حساب الإنحراف المعياري ومعامل الإختلاف. ولحساب الإنحراف المعياري والمتوسطات لكميات الأمطار خلال فترة الدراسة إستخدم الباحث برنامج الحزم الإحصائية للعلوم الانسانية (SPSS) لتحليل نتائج الدراسة، فقد رأي الباحث أن تقدير تغيرات الأمطار الشهرية والسنوية يستوجب حساب الإنحرافات المعيارية كنسب مئوية من متوسطات الأمطار ، وهذه القيم الجديدة تسمي معاملات التغير المئوية أو معامل الإختلاف.

فيما يختص بالأمطار الشهرية فإن معامل التغير يتناقص بتزايد الأمطار، ففي شهري مايو ويونيو للفترة من 1967-1996م يكون معامل التغير أكثر من 140% ، وبحلول شهري يوليو وأغسطس ينخفض بين 101 – 119% بإعتبار أن هذين الشهرين يمثلان قمة فصل الأمطار في السودان بصورة عامة، ويتذبذب معامل التغير مرةً أخري في شهري سبتمبر وأكتوبر وينحصر بين 118 – 120% كما موضح بالجدول رقم (5-4).

جدول رقم (5-4) معامل التغير الشهري للأمطار للفترة من 1967-1996م

الشهر	كمية الأمطار	المتوسط	الإنحراف المعياري	التباين	معامل الإختلاف%
يناير	0	0.00	0.000	0.000	00
فبراير	0	0.00	0.000	0.000	00
مارس	0	0.02	0.068	0.005	3
أبريل	0	0.00	0.000	0.000	00
مايو	94	5.53	8.175	66.836	147.8
يونيو	78	3.26	4.601	21.173	141.1
يوليو	830	28.61	28.982	839.931	101.3
أغسطس	1588	52.93	62.664	3926.775	119.1
سبتمبر	545	18.18	21.937	481.224	120.66
أكتوبر	133	5.34	6.347	40.287	118.86
نوفمبر	0	0.00	0.019	0.000	00
ديسمبر	0	0.00	0.000	0.000	00

المصدر: عمل الباحث إعتماداً علي المعدلات المناخية للفترة من 1967-2016م

أما معامل التغير خلال الفترة من 1987 – 2016م وصل في شهري مايو ويونيو إلي أكثر من 179%، وفي شهري يوليو وأغسطس وصل إلي 84 – 103% ، وفي شهري سبتمبر وأكتوبر وصل إلي 112 – 119%. وبمقارنة معامل الإختلاف بين الفترتين يتضح أن الفترة من 1987 – 2016م شهدت زيادة في كمية الأمطار لذلك ظهرت نسب معامل التغير بصورة أقل كما في الجدول (5-5).

جدول رقم (5-5) معامل التغير الشهري للأمطار للفترة من 1987-2016م

الشهر	كمية الأمطار	المتوسط	الإنحراف المعياري	التباين	معامل الإختلاف%
يناير	0	0.00	0.000	0.000	00
فبراير	0	0.00	0.000	0.000	00
مارس	0	0.00	0.018	0.000	00
أبريل	7	0.22	0.925	0.856	4.2
مايو	152	5.43	9.767	95.395	179.87
يونيو	74	2.45	4.218	17.793	172.16
يوليو	955	31.84	32.973	1087.244	103.56
أغسطس	1562	52.06	43.843	1922.215	84.22
سبتمبر	667	22.23	26.502	702.363	119.22
أكتوبر	272	9.06	10.158	103.193	112.12
نوفمبر	0	0.00	0.000	0.000	00
ديسمبر	0	0.00	0.000	0.000	00

المصدر: عمل الباحث إعتماداً علي المعدلات المناخية للفترة من 1967-2016م

معامل التغير السنوي لمعدلات أمطار الفترتين 1967-1996م و1987-2016م فقد أظهر نسباً متفاوتة وإتجاهاً نحو التناقص مما يدل علي أن كمية الأمطار السنوية تتجه نحو الزيادة. فقد بلغ معامل التغير السنوي 83.17% للفترة من 1967-1996م، وفي الفترة 1987-2016م بلغ حوالي 70.37% وهو معامل إيجابي مما يدل علي أن كمية الأمطار تتجه نحو الإزدياد كما في الجدول رقم (5-6).

الجدول رقم (5-6) معامل التغير السنوي للأمطار للفترتين1967-1996 و1987-2016.

العام	كمية الأمطار	متوسط الأمطار	الإنحراف المعياري	التباين	معامل الإختلاف%
1967-1996م	3269	108.96	90.619	8211.77	**83.17**
1987-2016م	3543.9	118.13	83.130	6910.66	**70.37**

المصدر: عمل الباحث إعتماداً علي المعدلات المناخية للفترة من 1967-2016م

هذا الإستعراض السريع لمعامل التغير الشهري والسنوي في كميات الأمطار يشير إلي أن هناك تناسب عكسي بين معدلات الأمطار ومعامل التغير ، يتضح ذلك في أن أثر التغيرات الشهرية والسنوية في كميات الأمطار يتزايد في الشهور والسنين الأكثر جفافاً والأقل مطراً ، مما يزيد من خطورة هذه التغيرات وبالتالي إعادة النظر في الإعتماد علي الآمطار في الزراعة كمصدر رئيسي للمياه .

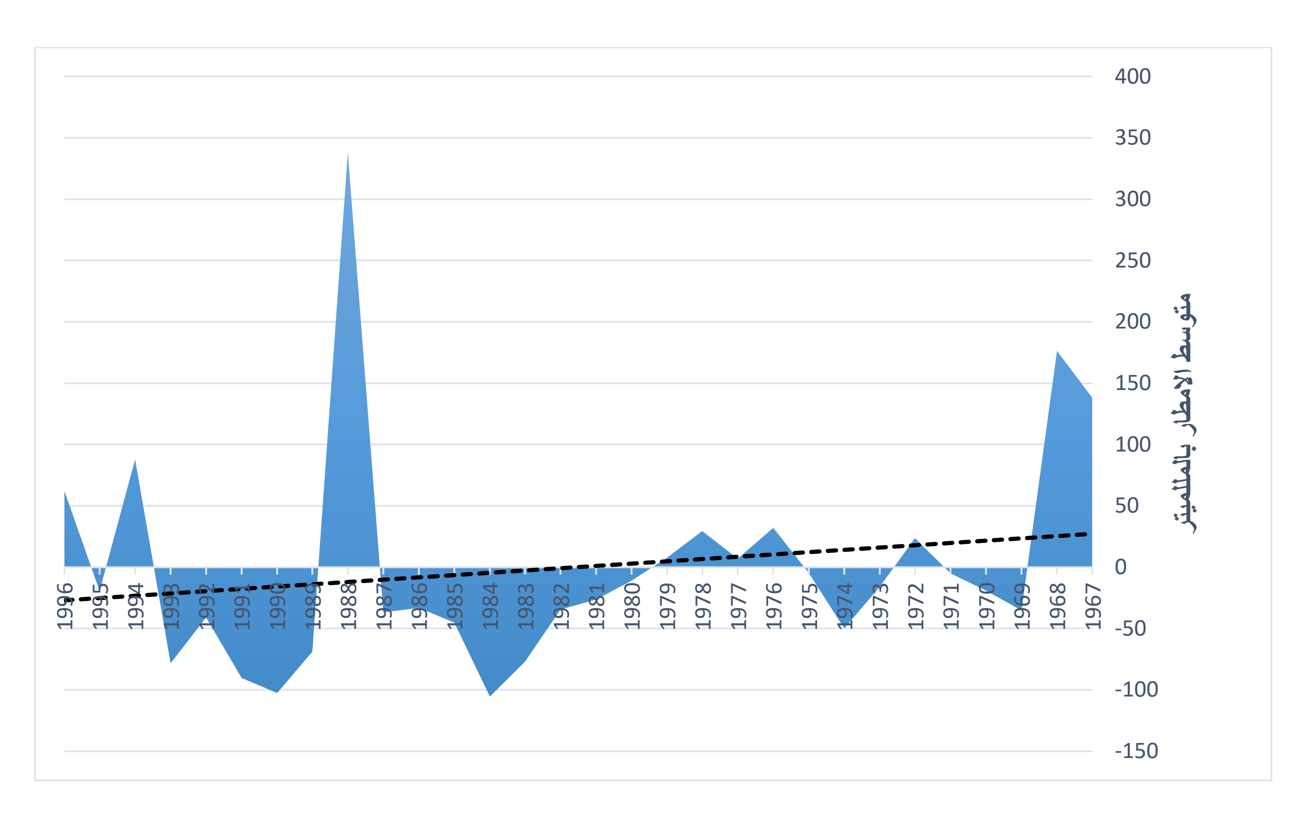
4-5: الإنحرافات الشهرية والسنوية للأمطار في منطقة الدراسة

إنحرافات الأمطار السنوية للفترة من 1967-1996م ظهرت متفاوتة خلال فترات إمتدت من ثلاث سنوات إلي ثماني سنوات كما في الشكل رقم (5-2) وقد كانت أكثر الفترات إنحرافاً هي الفترة من 1980الي1987م وهي التي تعرضت فيها أجزاء كبيرة من البلاد لكارثة الجفاف تبعها فقدان كبير للثروة الحيوانية وقلة إنتاجية الأراضي الزراعية بسبب قلة الأمطار التي ترتبط في تساقطها إرتباطاً كبيراً بحركة جبهة الالتقاء المدارية شمالاً وجنوباً خلال موسم الأمطار الصيفية، حيث أظهرت كميات الأمطار الساقطة أن جبهة الالتقاء المدارية في حركتها شمالاً لم تتجاوز دائرة العرض 18º شمالاً. وكذلك الفترات من 1969الي1971م، ومن 1973-1975م. حيث كانت كمية الأمطار دون المتوسط العام.

أما الفترة من 1987-2016م فقد شهدت فترة إنحراف عن المعدل بصورة متفاوتة من سنتين وحتي خمس سنوات كما في الشكل رقم (5-3) فأطول فترة إنحراف للأمطار كانت خلال الفترة 1989-1993م وتلتها الفترة من 1999-2001م وظهرت سنوات أخري متفاوتة في إنحرافاتها ، وهذا يشير الي أن تكرار حدوث فترات الجفاف يظهر بصورة غير منتظمة وقد يكون السبب في ذلك راجع الي ضعف التيار النفاث المداري الشرقي والذي يؤثر بدوره علي حركة جبهة الالتقاء المدارية وبالتالي تؤثر علي سقوط الامطار كما سيرد الحديث عنه في فقرات لاحقة.

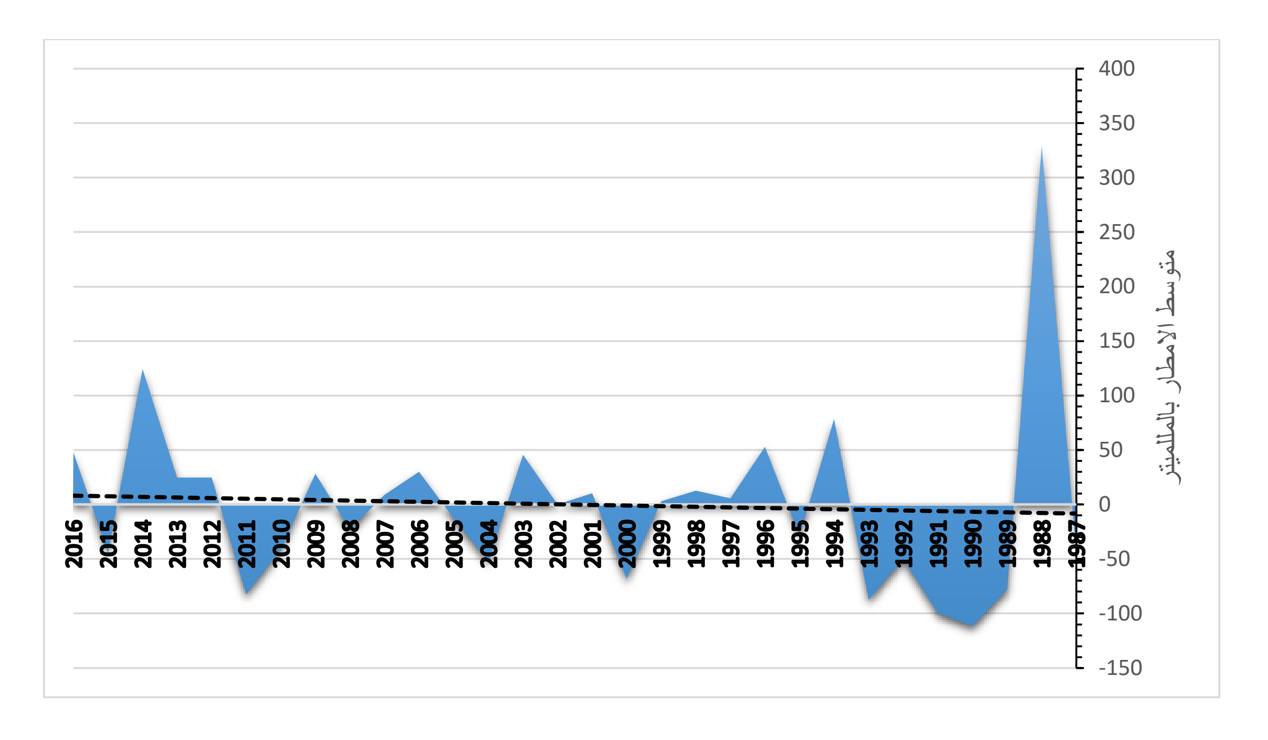


الشكل رقم (5-2) الإنحرافات السنوية للأمطار للفترة من 1967-1996م



المصدر: عمل الباحث إعتماداً علي المعدلات المناخية للفترة من 1967-2016م

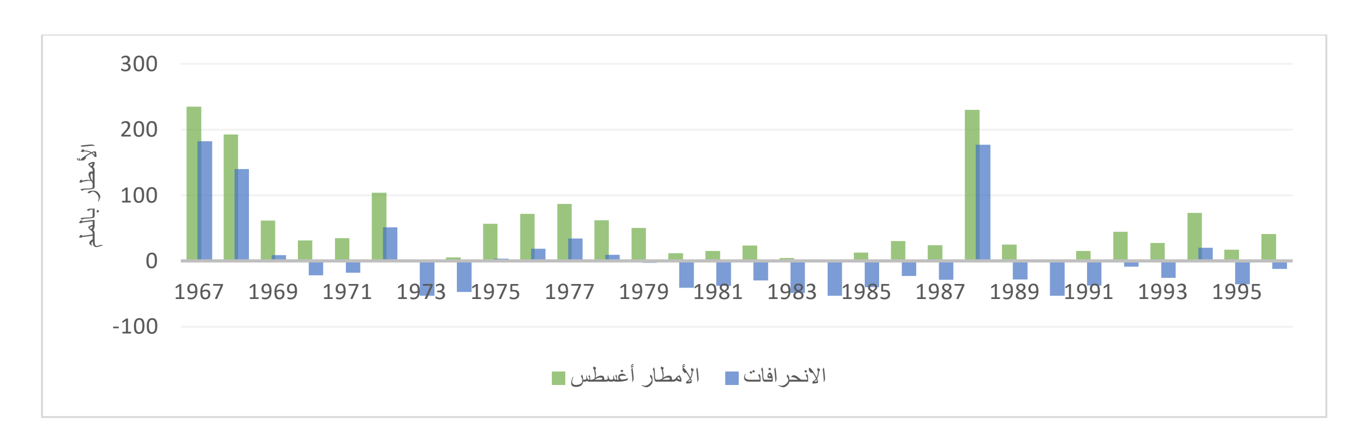
الشكل رقم (5-3) الإنحرافات السنوية للأمطار من 1987-2016م



المصدر: عمل الباحث إعتماداً علي المعدلات المناخية للفترة من 1967-2016م

بالنسبة للأمطار في شهر أغسطس خلال فترة الدراسة فقد ظهرت متباينة بصورة واضحة جداً فخلال الفترة من 1967-1996م كانت كمية الأمطار دون المعدل العام كبيرة جداً خلال الفترة من 1979-1987م ثم تلتها الفترة من 1989-1993م .

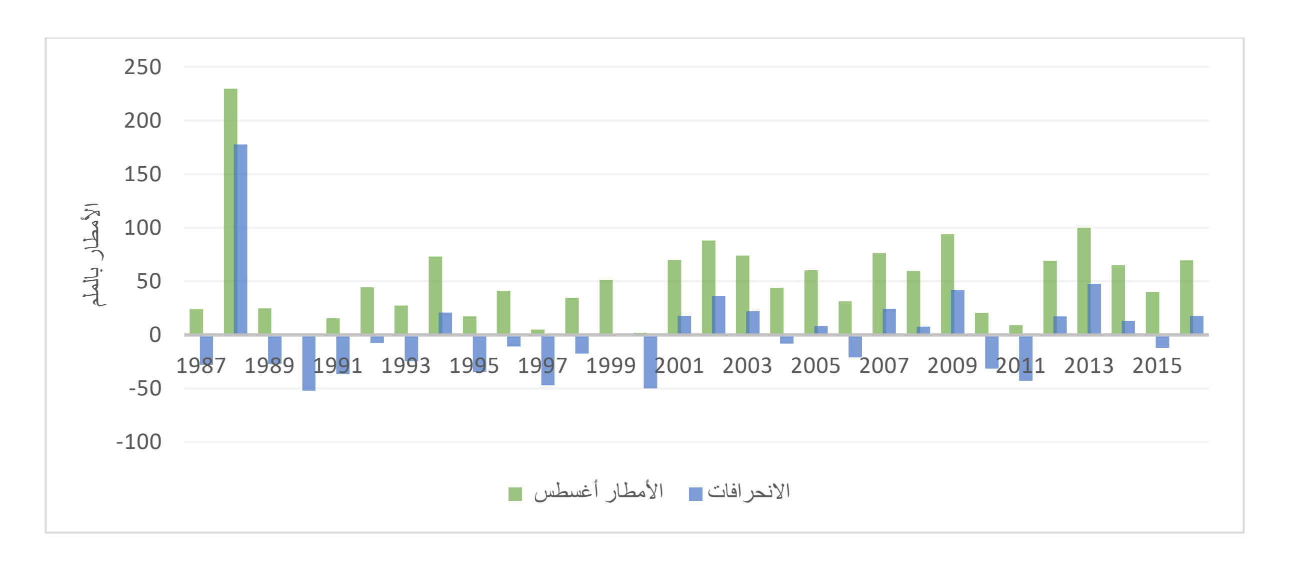
الشكل رقم (5-4) إنحرافات الأمطار خلال أغسطس للفترة 1967-1996م.



المصدر: عمل الباحث إعتماداً علي المعدلات المناخية للفترة من 1967-2016م

أما الفترة من 1987-2016م فقد شهدت إنحرافات خلال الفترة من 1989-1993 والفترة 1995-2000 وهذا يفسر أسباب الجفاف خلال فترة الدراسة. إذ أنها تتبع نمطاً غير منتظم.


الشكل رقم (5-5) إنحرافات الأمطار خلال أغسطس من 1987-2016م.



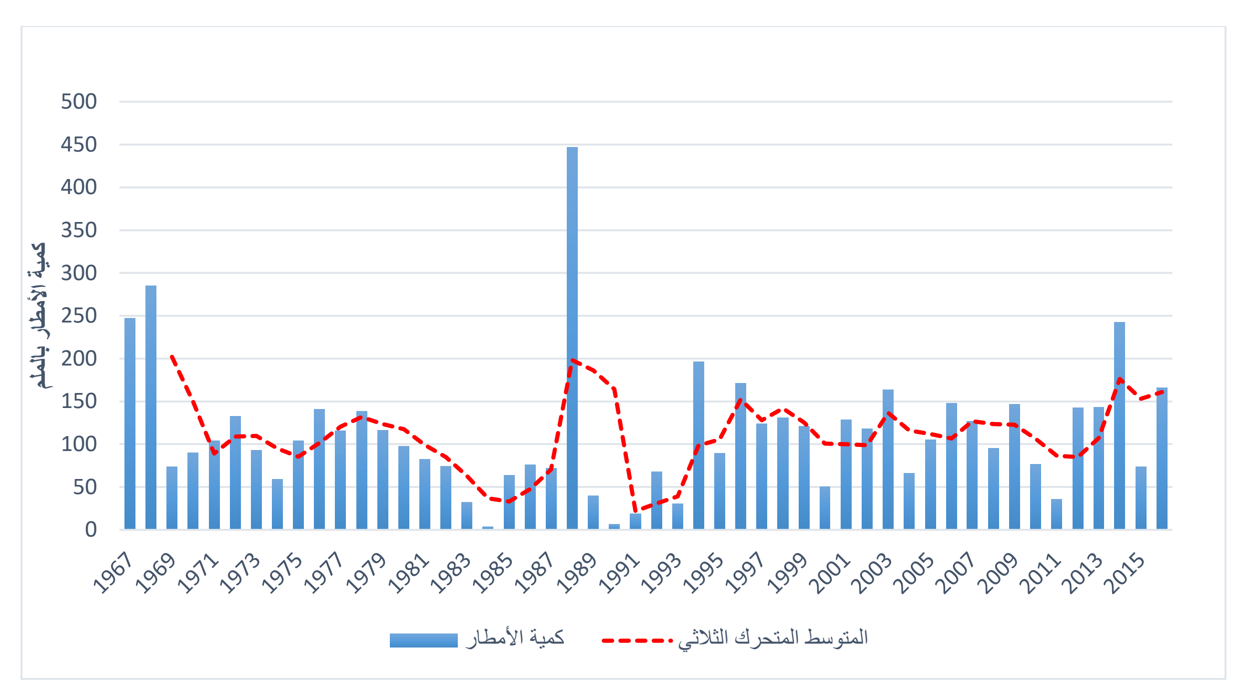
المصدر: عمل الباحث إعتماداً علي المعدلات المناخية للفترة من 1967-2016م

5-5: المتوسطات المتحركة لمعدلات الأمطار السنوية:

التغير السنوي في كمية الأمطار وإختلاف القيم يتطلب معرفة ما إذا كان هذا التغير عشوائياً ، أم أنه يتبع نظاماً ونمطاً معيناً، لذلك تم إستخدام إسلوب المتوسطات المتحركة الثلاثية والخماسية، وهو يستخدم بكثرة في الدراسات المناخية، وتحسب المتوسطات المتحركة الثلاثية والخماسية بأخذ المجموع السنوي للأمطار لكل ثلاث أو خمس سنوات وتجمع ثم تقسم علي 3 أو 5 والناتج يمثل المتوسط الثلاثي أو الخماسي.

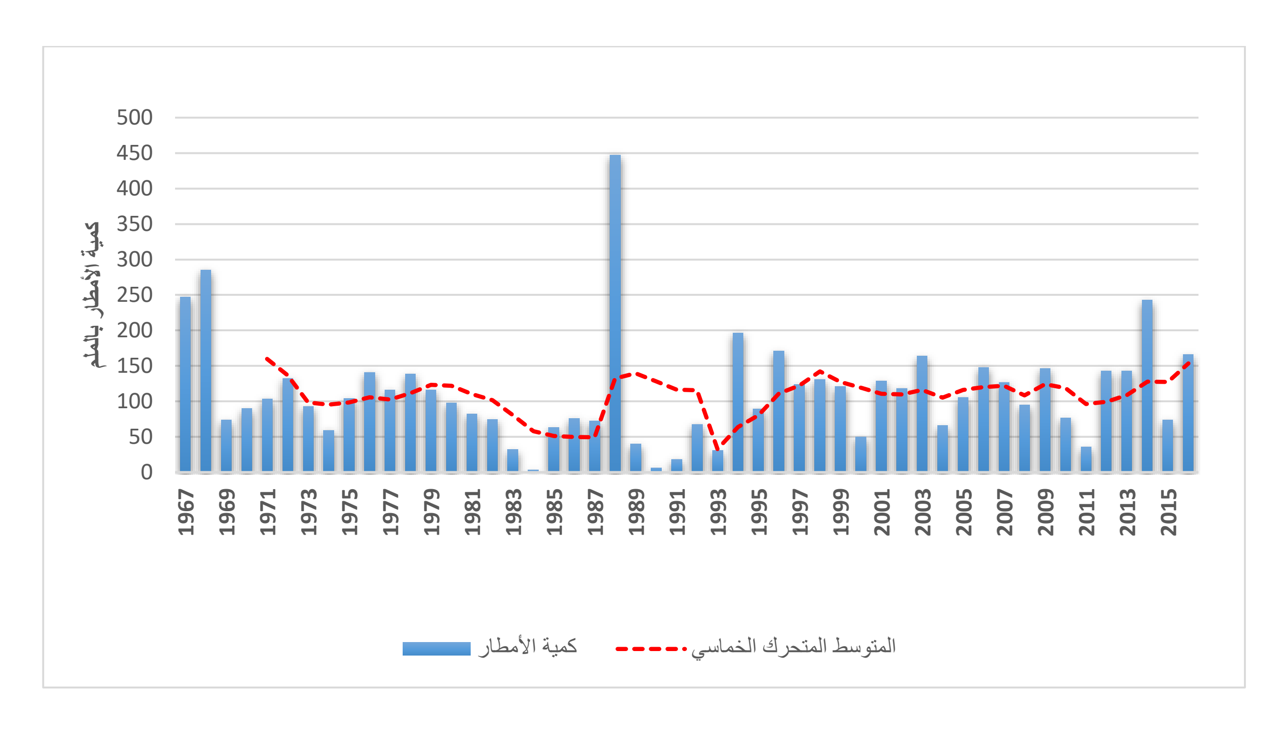
من خلال المتوسطات المتحركة الثلاثية والخماسية يتم تقليل الذبذبات بوجه عام من متوسط مجموع كمية الأمطار السنوية، حيث يصبح شكل المتوسطات المتحركة ممهداً وأقل تذبذباً كما هو ملاحظ للتمثيل البياني المتقطع للشكلين (5-6 و 5-7) حيث يمكن التعرف علي فترات صعود وهبوط كميات الأمطار، بحيث يتضح أن هناك فترات تقل فيها الأمطار وأخري تزيد فيها علي شكل دورات، ولكن علي ما يبدو أن هذه الدورات غير منتظمة.

شكل رقم (5-6) كمية الامطار بحساب المتوسط المتحرك الثلاثي خلال فترة الدراسة.



المصدر: عمل الباحث إعتماداً علي المعدلات المناخية للفترة من 1967-2016م

شكل رقم (5-7) كمية الامطار بحساب المتوسط المتحرك الخماسي خلال فترة الدراسة.



المصدر: عمل الباحث إعتماداً علي المعدلات المناخية للفترة من 1967-2016م

يظهر الشكلين رقم (5-6 و 5-7) وجود فترات زيادة وتناقص للأمطار غير منتظمة حيث ظهرت أقل تناقصاً في الفترة من 1979 – 1987م ثم زادت في العام 1988م في كلا المتوسطين ويعود سبب هذه الزيادة الي أن جبهة الالتقاء المدارية تجاوزت في حركتها دائرة العرض 22º شمالاً مما تسبب في أمطار غزيرة جداً في منطقة الدراسة تلاها فيضان للنيل.

5-6: المتغيرات المناخية:

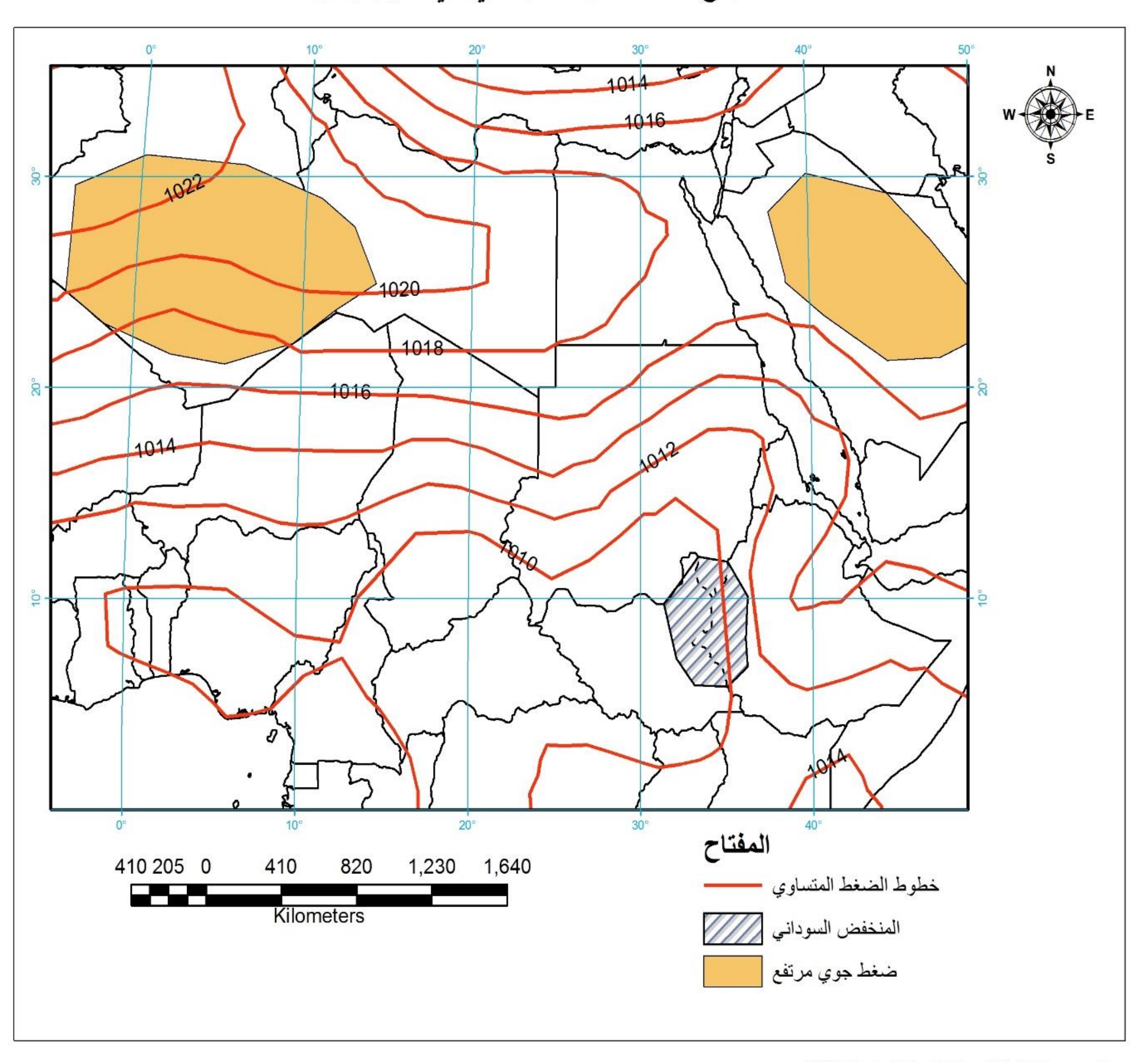
5-6-1: منخفض السودان الموسمي Sudan Low

تتأثر حركة الرياح في المنطقة المدارية بنشاطات ما يسمي بالمنخفضات الإستوائية وهي عبارة عن مناطق ضغط منخفض متحركة محدودة الإتساع ومقدار الضغط في مراكزها أقل بكثير من مقداره في المناطقة المحيطة أو المجاورة لها،مما يؤدي الي جذب الرياح الي مراكز هذه المنخفضات من كل الإتجاهات.(التوم،1986)

ويعد منخفض السودان الموسمي احد أهم تلك المنخفضات، وهو منخفض حراري يعتقد أنه يمثل جزء من منطقة خط الإستواء الحراري التي تتحرك شمالاً وجنوباً مع الحركة الظاهرية للشمس.
يتحرك المنخفض السوداني شمالاً وجنوباً تبعاً لحركة الشمس، فهو يتمركز بالقرب من هضبة البحيرات خلال فصل الشتاء –يناير- ويمتد منه ذراع ليكون نطاقاً من الضغط المنخفض فوق البحر الأحمر يفصل بين نطاقي الضغط الجوي المرتفع فوق القسم الشمالي من إفريقيا من جهة وشبه الجزيرة العربية من جهة أخري(شحادة،1986م)كما موضح في الخريطة رقم(5-1)ثم يتحرك في الاعتدال الربيعي- أبريل- الي هضبة الحبشة والسفوح الشرقية للسودان كما في الخريطة رقم (5-2)

ثم الي هضبة إيران صيفاً ليعود في الاعتدال الخريفي الي هضبة الحبشة والسفوح الشرقية للسودان ومن ثم الي هضبة البحيرات شتاءً.(المصدر نفسه)

خريطة رقم (5-1) المنخفض السوداني في شهر يناير

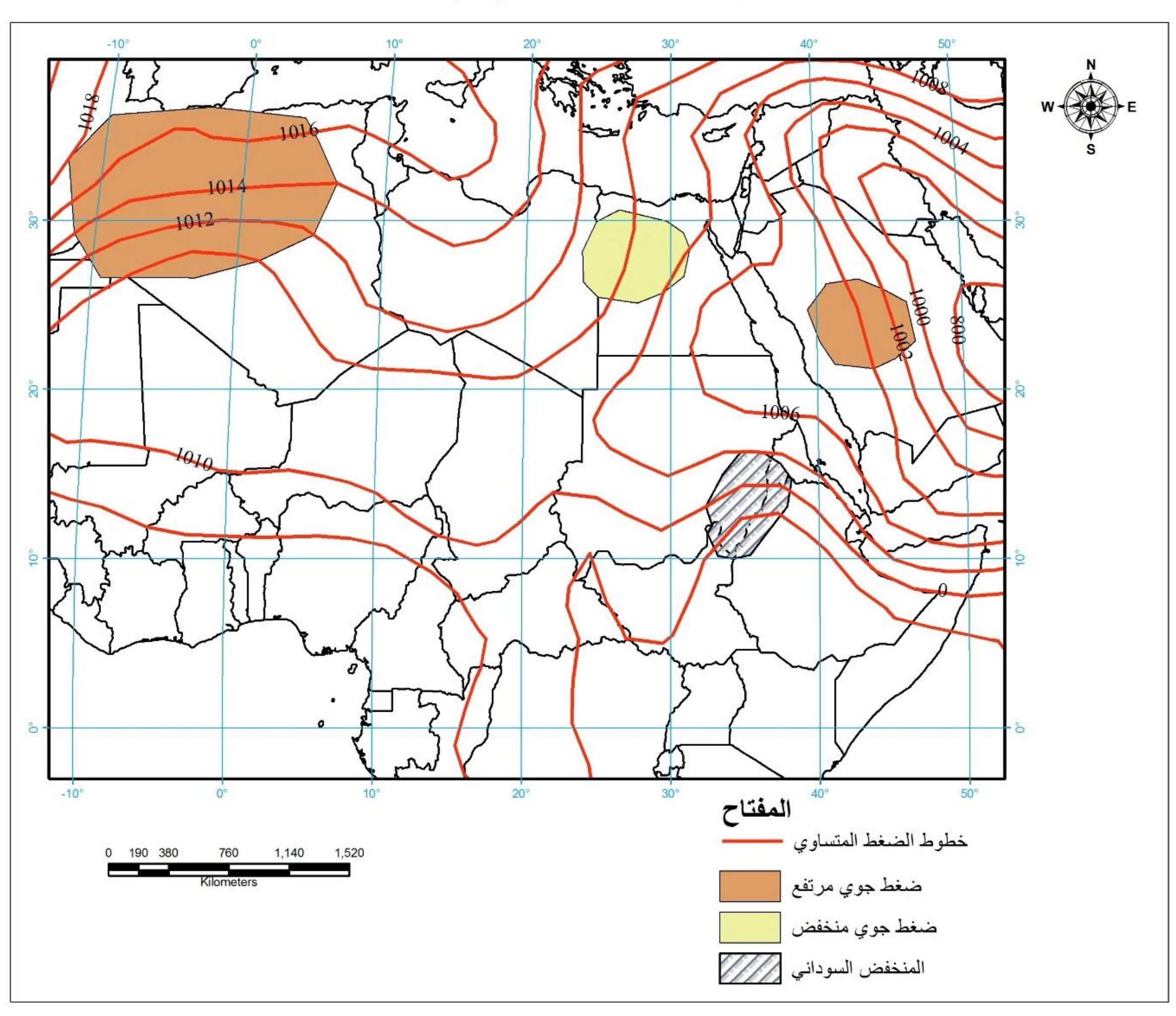


المصدر: المنظمة العربية للتنمية الزراعية 1985م

يتمثل دور المنخفض السوداني الموسمي في أن الرياح الموسمية الجنوبية الغربية الرطبة تنجذب نحو مركز المنخفض بسرعة شديدة تمكنها من الإمتداد فوق المناطق الشرقية الي مسافات أكبر مما هو متاح في المنطقة الوسطي والغربية، لذلك فإن موقع جبهة الالتقاء المدارية في المناطق الشرقية والشمالية الشرقية من السودان يبدو في الخرائط المناخية محدبة او منحرفة نحو الشمال قليلاً وبالتالي تكون إمكانيات التكاثف والهطول في المناطق الشرقية اكبرمما هي عليها في المناطق الوسطي المجاورة.

خريطة رقم (5-2) المنخفض السوداني في شهر أبريل

موقع المنخفض السوداني في شهر ابريل



المصدر: المنظمة العربية للتنمية الزراعية 1985م

2-6-5: جبهة الالتقاء المدارية Inter Tropical Convergence Zone

تعرف المنطقة التي تلتقي فيها الكتلة المدارية البحرية الرطبة بالكتلة المدارية الجافة بجبهة الالتقاء المدارية أو الفاصل المداري (Inter tropical Convergence zone). تدخل منطقة التقاء الكتلة المدارية الي السودان في أوائل مارس منجذبة نحو الضغط المنخفض في شمال إفريقيا وتصل أقصي امتداد لها في السودان علي دائرة عرض 19º شمالاً تقريباً، ويكون ذلك في شهر أغسطس.وفي حالات شاذة تصل الي أكثر من دائرة عرض 22º شمالاً.(Bhalotra,

1963) يأخذ الفاصل المداري فترة 6 أشهر ليصل الي أقصي مواقعه الشمالية، كما في الجدول (5-7) الذي يوضح مواقع الفاصل المداري علي درجات العرض.

الشهر	مارس	ابريل	مايو	يونيو	يوليو	اغسطس	سبتمبر	اكتوبر	نوفمبر
الموقع	7ºش	11ºش	13.5ºش	16ºش	18ºش	19ºش	17ºش	9ºش	8ºش

المصدر:بالوترا 1963م

يمتد الفاصل المداري من الجنوب الغربي الي الشمال الشرقي مع وجود بروز في المناطق الشمالية الشرقية كما موضح بالخريطة رقم (5-3) فعندما يكون الفاصل المداري علي دائرة عرض 15º شمالاً في غربي البلاد يكون في الجانب الشرقي من السودان قد تقدم بثلاث درجات ووصل دائرة عرض 18º شمالاً (المرجع نفسه) ويرجع ذلك الي تركز حركة منخفض السودان الحراري في الجانب الشمالي الشرقي من البلاد.

حركة الفاصل المداري خلال موسم الامطار



المفتاح

الرياح الشمالية الشرقية الجافة

الفاصل المداري

الرياح الجنوبية الغربية الرطبة

0 65 130 260 390 520
Kilometers

المصدر: المنظمة العربية للتنمية الزراعية 1985م

تقسم جبهة الالتقاء المدارية الي أربعة اقاليم رئيسية ثلاثة منها تقع في نطاق الرياح الموسمية الجنوبية الغربية الرطبة بينما يقع اقليم واحد فقط في نطاق الرياح الشمالية الشرقية.(مصطفي،1989م) وأكثر العوامل تأثيراً في حركة جبهة الالتقاء المدارية هو منخفض السودان الموسمي كما أشرنا الي ذلك سابقاً.

تعد مواقع الجبهة المدارية وحركتها الموسمية هي المسئولة عن الامطار اذ ان موقعها هو الذي يحدد طبيعة الطقس السائد خلال فصل الصيف، لأنه يمثل منطقة انتقالية بين الرياح الشمالية الشرقية الجافة والرياح الموسمية الجنوبية الغربية الرطبة، فالطقس جنوبها يتميز بحالة عدم الاستقرار مما يتيح الفرصة لتتشكل سحب كثيفة تتحول الي عواصف رعدية تسبقها عواصف ترابية تعرف بالهبوب، بينما الطقس شمالها يتميز بالاستقرار.

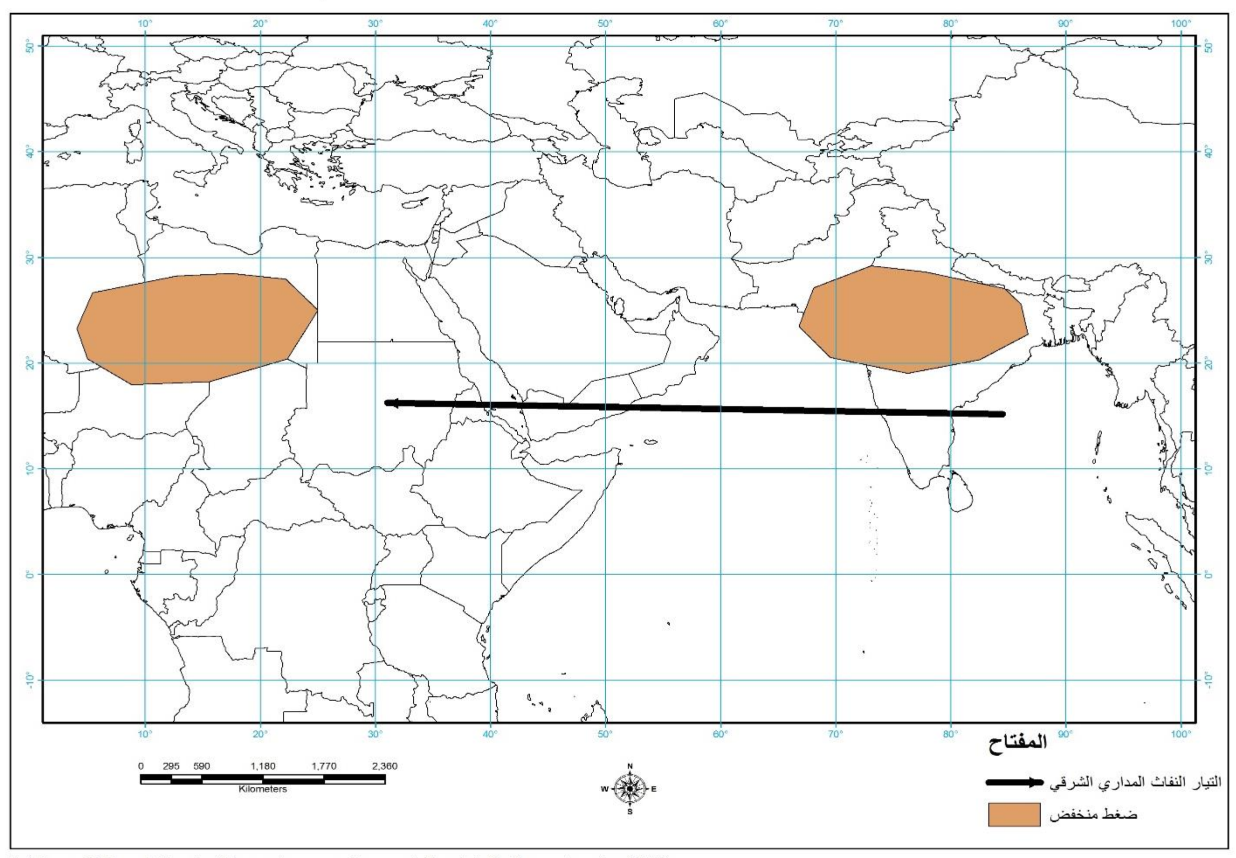
مما سبق فإن جبهة الالتقاء المدارية بأقاليمها الاربعة تتحكم بشكل مباشر في إمكانيات التكاثف وهطول الامطاروتوزيعها في السودان بصورة عامة وفي منطقة الدراسة بصورة خاصة، ولما كان الحد الاقصي لامتداد الجبهة المدارية شمالاً يتباين من سنة لاخري فإن كميات الامطار وانتشارها ايضاً تختلف من سنة لأخري فهي تزداد عندما تمتد جبهة الالتقاء المدارية أبعد من دائرة عرض 20º شمالاً كما حدث في العام 1988م حيث تخطت الجبهة المدارية خط العرض 22º شمالاً.

3-6-5: التيار النفاث المداري الشرقي Easterly Jet Streams

يظهر التيار النفاث المداري الشرقي في أعلي طبقة التروبسفير وأسفل طبقة التروبوبوز(المرجع السابق) عند المستوي الضغطي 200 مليبار(ليث،1996م) وهو يظهر اولاً فوق هضبة التبت في أواسط القارة الاسيوية ومن هناك يتجه غرباً نحو السودان. انظر الخريطة رقم(5-4).

الخريطة رقم(4-5) موقع التيار النفاث المداري الشرقي

موقع التيار النفاث المداري الشرقي



Ref:Barry, R.G and Chorley"Atmosphere weather and climate", Methuen, London.1968

ترجع أهمية التيار النفاث المداري الشرقي في علاقته بجبهة الالتقاء المدارية والامطار في السودان، بالنسبة لعلاقته بجبهة الالتقاء المدارية فقد ثبت الاتي:

- التيار النفاث المداري الشرقي لايظهر في اجواء السودان الا عندما تكون الرياح الموسمية الجنوبية الغربية هي السائدة علي اجواء السودان السفلي.(التوم،1986م)
- موقع التيار النفاث المداري الشرقي فوق السودان يقع دائما علي بعد 4-5 درجات عرضية الي الجنوب من موقع جبهة الالتقاء المدارية علي سطح الارض.
- ان التذبذب في حركة التيار النفاث المداري الشرقي يواكبها ايضاً تذبذب مشابه في حركة جبهة الالتقاء المدارية.

اما بالنسبة لعلاقة التيار النفاث المداري الشرقي بالامطار فإنه يمكن القول ان حركة الهواء الرأسية الي أعلي في مركز التيار وطرفه الجنوبي تعد عاملاً هاماً من شأنه ان يساعد في زيادة إمكانيات التكاثف وفرص الهطول، اما حركة الهواء الرأسية في طرفه الشمالي والتي تكون الي أسفل فإنها عامل لا يساعد في عملية التكاثف والهطول.

يتواجد مركز التيار النفاث المداري الشرقي فوق الاقليم الثالث لجبهة الالتقاء المدارية الذي تبلغ فيه امكانيات التكاثف والهطول ذروتهما ،بالاضافة الي ذلك فإن الطاقة الاندفاعية للتيار النفاث المداري الشرقي ونشاطه يختلفان من سنة لاخري ،فهو يتوغل أكثر الي وسط السودان وشماله وغربه عندما يكون نشطاً ويصاحبه امتداد كبير لجبهة الالتقاء المدارية قد يصل الي ابعد من دائرة العرض 22º شمالاً مصحوبة بهطول امطار غزيرة كما حدث في الفترات1967و 1968م و1988م و2014م حيث كانت معدلات الامطار غزيرة وعالية.

أما في السنوات التي يكون فيها التيار النفاث المداري الشرقي ضعيفاً ويعجز عن التوغل الي أواسط السودان وغربه فإن جبهة الالتقاء المدارية ايضاً تعجز عن الوصول الي دائرة العرض 18º شمالاً وان الامطار تكون قليلة ويعم الجفاف مثلما حدث في الفترات1984م و1990 و1993م حيث ضرب الجفاف معظم مناطق السودان ومنطقة الدراسة بسبب قلة معدلات الأمطار.

نستنتج من العلاقات السابقة بين التيار النفاث المداري الشرقي وجبهة الالتقاء المدارية والامطار الاتـي:

1- يعد التيار المداري الشرقي عامل منشط للرياح الموسمية الجنوبية الغربية الرطبة.
2- فاعلية جبهة الالتقاء المدارية ومدي تقدمها شمالاً ترتبط بقوة اندفاع التيار النفاث المداري الشرقي.
3- ان التيار النفاث المداري الشرقي هو العامل الرئيس والمسئول عن هطول الامطار الغزيرة التي تتسبب في حدوث فيضانات النيل وان ضعفه يتسبب في حدوث الجفاف.

4-6-5:العواصف الطولية Squall Lines

هي عبارة عن عواصف رعدية تنتظم بشكل طولي لمئات الكيلومترات وتؤدي الي هطول أمطار غزيرة في المناطق التي تتواجد عليها(مصطفي،1989م)وهي من المتغيرات المصاحبة لجبهة الالتقاء المدارية وتتمركز في الغالب في الاقليم الثالث لجبهة الالتقاء المدارية الذي يكثر فيه التكاثف والهطول والذي غالباً ما يتطابق دائماً مع مركز التيار النفاث المداري الشرقي.

تتحرك العواصف الطولية من الجنوب الشرقي والشرق والشمال الشرقي الي الغرب والشمال الغربي، بالرغم من طبيعتها العنيفة وامتدادها الكبير نسبياً سرعان ما تتحلل وتتلاشي خلال فترة لا تتجاوز بضعة دقائق. تأتي العواصف الطولية أكثر قوة وفاعلية خلال فترتين في الموسم المطري، الفترة الاولي عندما تتقدم جبهة الالتقاء المدارية شمالاً والثانية قبيل نهاية الموسم المطري أثناء تراجع الجبهة جنوباً(المرجع السابق).

علي الرغم من قلة تكرار العواصف الطولية الا انها تتسبب في هطول امطار غزيرة علي مساحات واسعة ولما كانت هذه العواصف بطبيعتها تتحلل بسرعة فإنها تفقد الجزء الاكبر من حمولتها علي مقربة من مناطق تكونها إذ انها تتكون في الحدود الشرقية وتتناقص بالاتجاه غرباً شأنها شأن التيار النفاث المداري الشرقي.

5-6-5: عواصف الهبوب Haboob

هو اصطلاح محلي يطلق علي عواصف ترابية معينة غير مستقرة تصاحب العواصف الرعدية في الغالب(مرجع سابق) وتعتبر من ابرز المتغيرات الجوية خلال فصل الصيف.

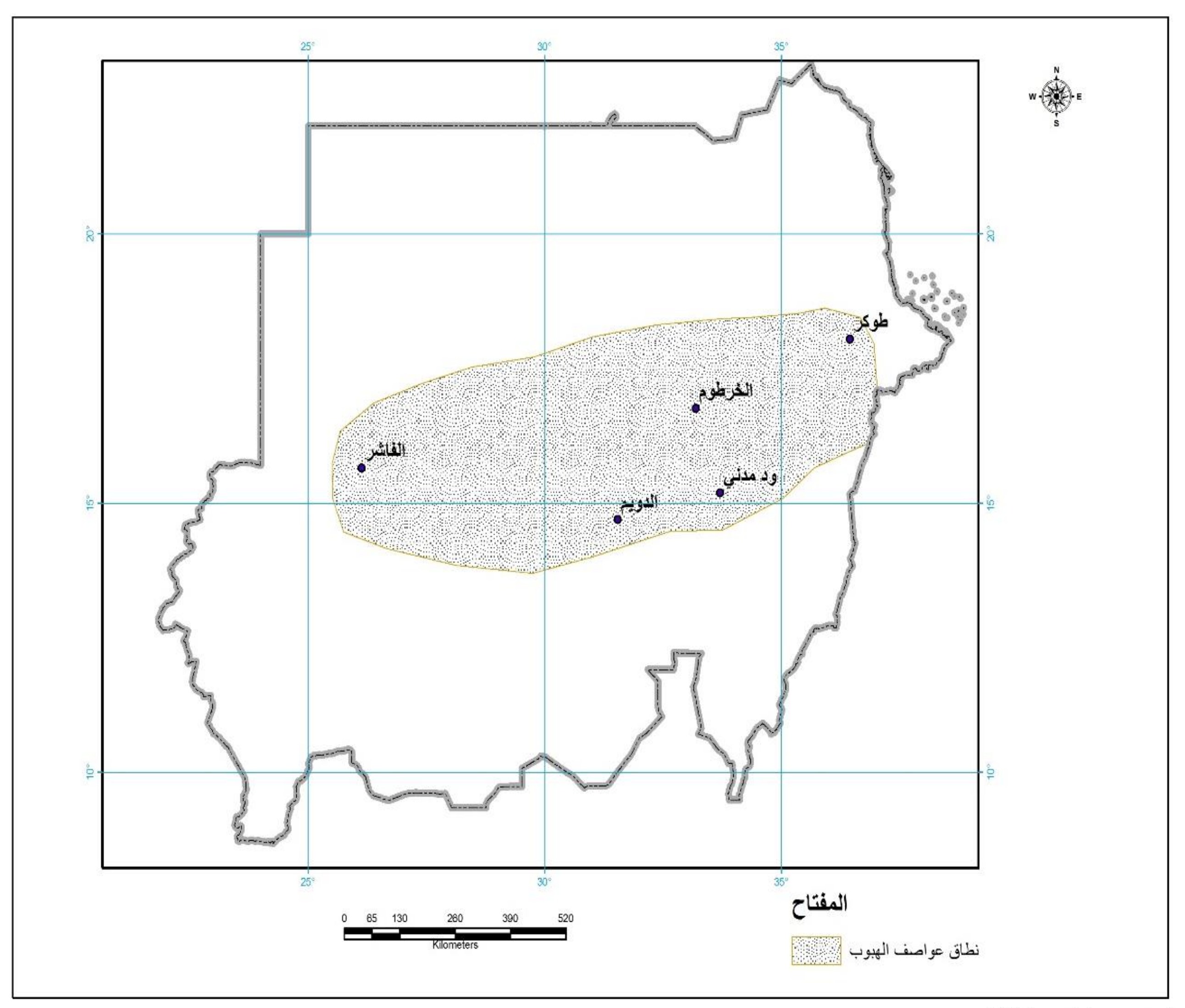
يأتي الهبوب عادة من الجنوب والجنوب الشرقي والشرق والشمال الشرقي بعنف وقوة شديدة قد تقتلع الاشجار وتهدم المباني والبيوت ويحجب الغبار الكثيف اشعة الشمس، ليتأثر بذلك مدي الرؤية أفقياً ورأسياً ولا يهدأ الهواء وتتحسن الاحوال الا بعد مرور فترة من الزمن تتراوح بين نصف ساعة الي ثلاث ساعات(حبيب،1972م) او بعد سقوط الامطار التي تغسل الهواء.

تحدث عواصف الهبوب في الغالب بعد الظهر فيما بين الساعة الثالثة والتاسعة مساءً، ونشير هنا الي أن أكثر عواصف الهبوب عنفاً هي التي تكون في بداية موسم الامطار في شهري مايو ويونيو.

ترجع نشأة عواصف الهبوب الي اضطراب الاحوال الجوية وحدوث زوبعة ترابية فوق تربة جافة مفككة وعارية من الغطاء النباتي، ليأخذ الهواء الملامس لسطح الارض في الارتفاع محملاً بكميات كبيرة من الاتربة والغبار في دوامات صاعدة علي إرتفاعات تزيد علي 1000 متر.(المصدر السابق)

يجتاح الهبوب مناطق واسعة من اواسط السودان بما في ذلك منطقة الدراسة تمتد من شرق كتلة جبل مرة غرباً حتي طوكر وكسلا بالقرب من الحدود السودانية الاريترية شرقاً مركزها الخرطوم.(المصدر نفسه) كما موضح في الخريطة رقم (5-5) التي توضح نطاق عواصف الهبوب.

نطاق عواصف الهبوب



المصدر : عمر ابراهيم سبيل 1996

ترجع اهمية الهبوب في مناخ منطقة الدراسة للاتي:

1- يعد الهبوب أحد مقدمات الامطار في السودان بصفة عامة.

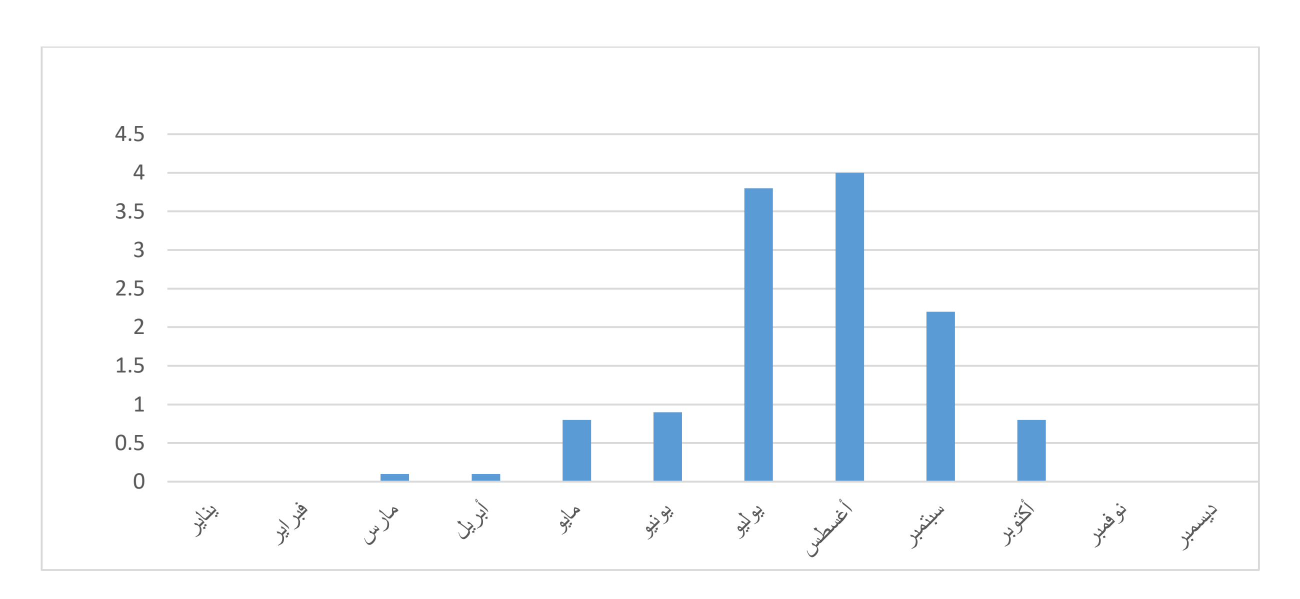
2- درجة الحرارة لحظة مرور الهبوب تنخفض بشكل نسبي.

3- تأتي عواصف الهبوب في الغالب متقدمة العواصف الرعدية كأنها هي التي تقودها وتحدد مساراتها والمناطق التي تسقط فيها الامطار، وفي احيان اخري تأتي عواصف الهبوب مقترنة بالعواصف الرعدية.

5-7:العلاقة بين الأيام الممطرة ومعدلات الأمطار

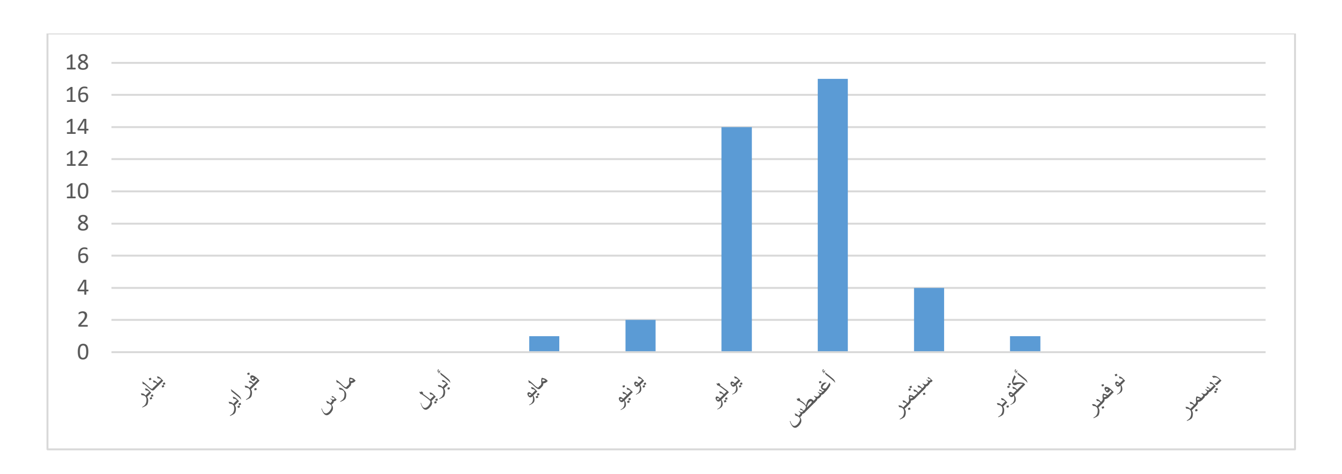
الشكل (5-8) يوضح عدد الأيام الممطرة خلال الفترة 1967 – 2016م أكثر من 1مللمتر حيث نلاحظ أن هناك علاقة طردية بين عدد الأيام الممطرة ومعدلات الأمطار، فكلما كان عدد الأيام الممطرة كثيرة كانت معدلات الامطار كبيرة، وقد وصلت العلاقة بين الأيام الممطرة أكثر من 1ملم في الفترة من 1967 – 2016م إلي 0.87 عند مستوي معنوي 0.05، وبلغت العلاقة بين الأيام الممطرة أكثر من 10ملم والأمطار كما في الشكل رقم (5-9) خلال الفترة من 1967-2016م حوالي 0.89.


شكل رقم (5-8) عدد الأيام الممطرة أكثر من 1مللمتر 1967-2016م .



المصدر: عمل الباحث إعتماداً علي المعدلات المناخية للفترة من 1967-2016م

شكل رقم (5-9) عدد الأيام الممطرة أكثر من 10مللمتر1967-2016م.



المصدر: عمل الباحث إعتماداً علي المعدلات المناخية للفترة من 1967-2016م

8-5: العلاقة بين الغطاء النباتي والأمطار

تقدر بعض الدراسات أن ما يتبخر من الماء في مساحة 2500 متر مربع من المناطق الغابية يتراوح ما بين 37,5 – 100 ملميتر سنوياً ، كما تشير نتائج دراسات أخري إلي أن حوالي 60% من كمية الأمطار التي تصل إلي سطح الأرض تعود مرة ثانية إلي طبقات الجو بواسطة النتح(أحمد، 2007م).وبالتالي فإنه مع تدهور الغطاء النباتي تكون المنطقة قد فقدت عاملاً مهماً كان يساهم بفاعلية في توفير الرطوبة، ويؤثر علي عناصر المناخ الأخري.

إن الغطاء النباتي بشقيه الشجري والعشبي يتعرض للتدهور وذلك بإزالة مساحات كبيرة منه، وقد أشار تقرير الفاو (1989م) أن هنالك حوالي 11400كلم مربع من غابات العالم تتعرض للإزالة سنوياً، كما أشار تقرير الفاو (1995م) أن المعدلات السنوية لإزالة الغابات والمزارع في العالم النامي قدرت بحوالي 16,7مليون هكتار، وفي كثير من الدول الأفريقية تتعرض الغابات للإزالة بمساحات كبيرة وصلت إلي 40% من مساحة الغابات. تكشف تقارير منظمة الأغذية والزراعة للأمم المتحدة (1993) بأن مساحة الغابات في السودان تقلصت من 47,8 مليون هكتار عام 1980 ما يعادل 20% من المساحة الكلية للبلاد إلي 43 مليون هكتار عام 1990 بما يعادل 18%.

لقد تعرضت مواسم هطول الأمطار في السودان لتغييرات مذهلة ومخيفة تمثلت في النقصان المتواصل في معدلات هطول الأمطار وإرتفاع درجات الحرارة خاصة في أشهر الصيف وتدني الرطوبة الجوية. هذه التغييرات تسير في إتجاه يستبدل المناخ المداري لموسم الأمطار في أواسط السودان لمناخ صحراوي.(سبيل،1996م)

لقد بدأ هطول الأمطار الموسمي في التدني منذ عام 1966 بهبوط المعدلات في عام 1984 إلي 500 مليار متراً مكعباً مقارنة مع المعدلات السابقة التي تفوق 1000 مليار متراً مكعباً في العام.(الهيئة العامة للإرصاد الجوية ، 2017م).

إن العلاقة بين الغطاء الغابي والعوامل المؤدية للجفاف تؤكد دون شك بأن الممارسة الراهنة من قطع الأشجار وتدمير الغابات له إرتباط وثيق بالجفاف الذي إجتاح المناطق المدارية في السودان.

إن السمة المميزة لنمط هطول الأمطار في المناطق ذات المناخ الجاف هي التذبذب وعدم الإنتظام فخلال الفترات 75/71 و 80/76 إشتد قطع الغابات للزيادة في التوسع الأفقي للزراعة المطرية الآلية مع شعار سلة غذاء العالم والقطع الجائر إبان الحكم الشعبي المحلي والحكم الإقليمي (الصائم ،1991م)، وقد واكب تدني معدلات هطول الأمطار النقص في الغذاء بما أضطر سكان الريف للنزوح لأطراف المدن تلاها نفوق أعداد كبيرة من الثروة الحيوانية.

9-5:العلاقة بين الجفاف والأمطار

الجفاف هو محصلة العلاقة بين الأمطار والحرارة والتبخر،لذلك لا يوجد تعريف مفرد لمصطلح الجفاف ولذلك الجفاف أنواع فهنالك جفاف متيورولوجي Meteorological وآخر زراعي وثالث مائي-حيوي Hydro-Biological. إن ما يهمنا ليس الجفاف فهو سمة تميز بها السودان وجميع بلاد الشرق الأوسط وأفريقيا شمال خط الإستواء وإنما ما يدعو للقلق هو زيادة حدة الجفاف المرتبطة بأفعال الإنسان وبعض عناصر المناخ .

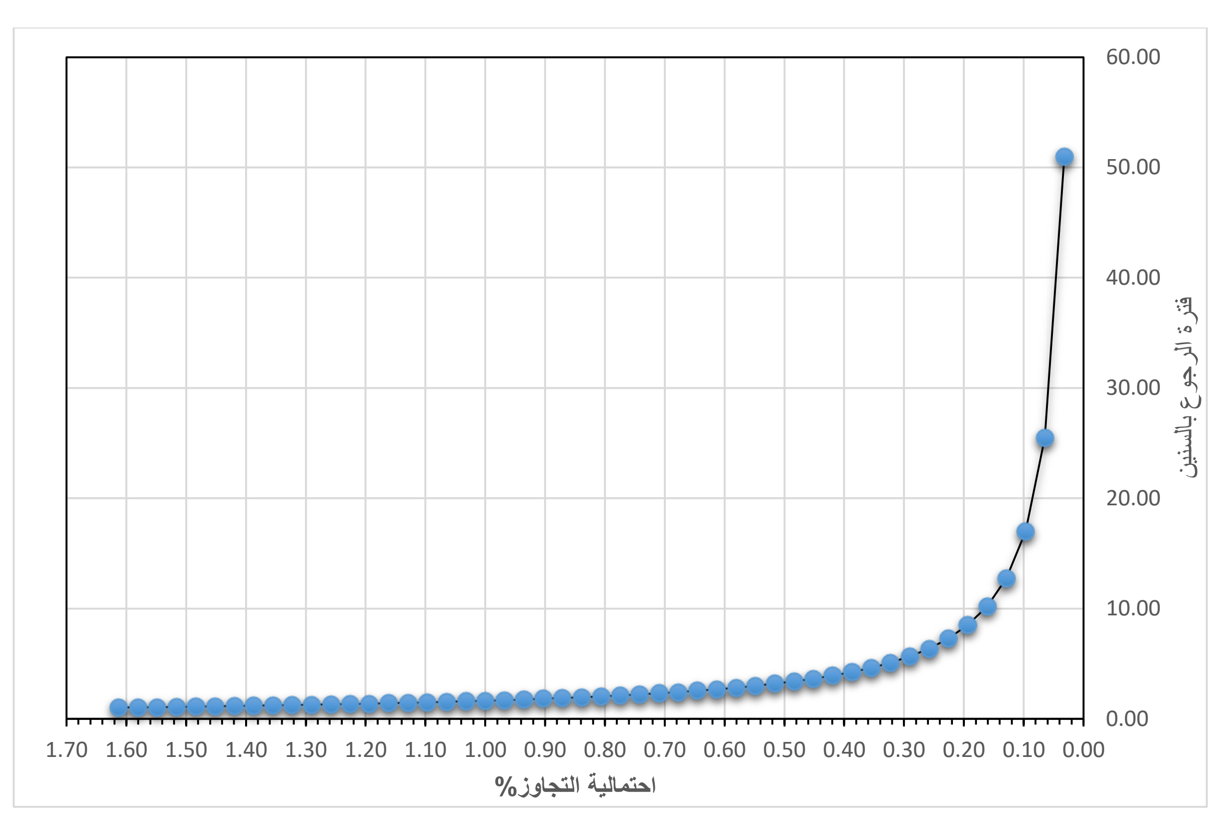
يحدث الجفاف المتيورولوجي عندما يكون المطر المتساقط علي منطقة كبيرة المساحة أقل من المعدل ولفترة زمنية طويلة مثلما حدث في الفترات من 1979 وحتي 1987م ومن 1989 – 1993م حيث كانت الأمطار أقل من المتوقع ،وأدي ذلك إلي تجريد الأراضي الجافة أعقبه فقدان للنبات الطبيعي نتيجة لتناقص المطر.ونتج عن ذلك فشل الموسم الزراعي علي مستوي كل الولايات الوسطي والغربية ، وتعود اسباب هذا الجفاف الي تقهقر جبهة الالتقاء المدارية والتي ترتبط إرتباطاً وثيقاً بالتيار النفاث المداري الشرقي بإعتباره عاملاً منشطاً للرياح الموسمية الجنوبية الغربية الرطبة، فطاقة التيار النفاث المداري الاندفاعية ونشاطه تختلف من سنة الي أخري، ففي السنوات التي يكون فيها التيار المداري النفاث أكثر اندفاعاً وظهوراً فإن جبهة الالتقاء المدارية تتقدم شمالاً الي مسافات قد تصل الي أبعد من دائرة العرض 22º شمالاً وتصاحبها أمطار غزيرة تحدث السيول والفيضانات، وعندما يحدث العكس فإن جبهة الالتقاء المدارية تعجز عن الوصول حتي الي دائرة العرض 18º شمالاً وتصاحبها قلة في الامطار الساقطة والتي بدورها تؤدي الي الجفاف.

هذه الأسباب التي ذكرت أدت إلي حدوث امطار أقل من المعدل خلال السلسلة الزمنية للدراسة مصحوب بسنوات متذبذبة الأمطار ظهرت بصورة غير منتظمة.

10-5: فترة الرجوع وإحتمالية التجاوز

ويقصد بها الفترة الزمنية المتوقع تكرار كمية معينة من الأمطار، وقد يستخدم مفهوم عدد السنوات اللازمة لتكرار قيمة معينة، أو مفهوم نسبة إحتمال تكرار قيمة معينة خلال فترة زمنية محددة.(بوروبة،2002م)

الشكل رقم (5 -10) الذي يمثل فترة الرجوع وإحتمالية التجاوز (إحتمالية سقوط كمية معينة أو كمية أكبر منها السنة القادمة) والإحتمالية لسنوات قادمة محددة وذلك للأمطار السنوية حيث يوضح التمثيل البياني أن إحتمال حدوث تكرار 447 ملم من الأمطار يحتاج إلي فترة تصل إلي 51 سنة بنسبة إحتمالية 0.03% إن حدثت، أما إحتمالية حدوث 3.4ملم من الأمطار تحتاج إلي سنة واحدة ونسبة حدوثها 0.98%.



المصدر: عمل الباحث إعتماداً علي المعدلات المناخية للفترة من 1967-2016م

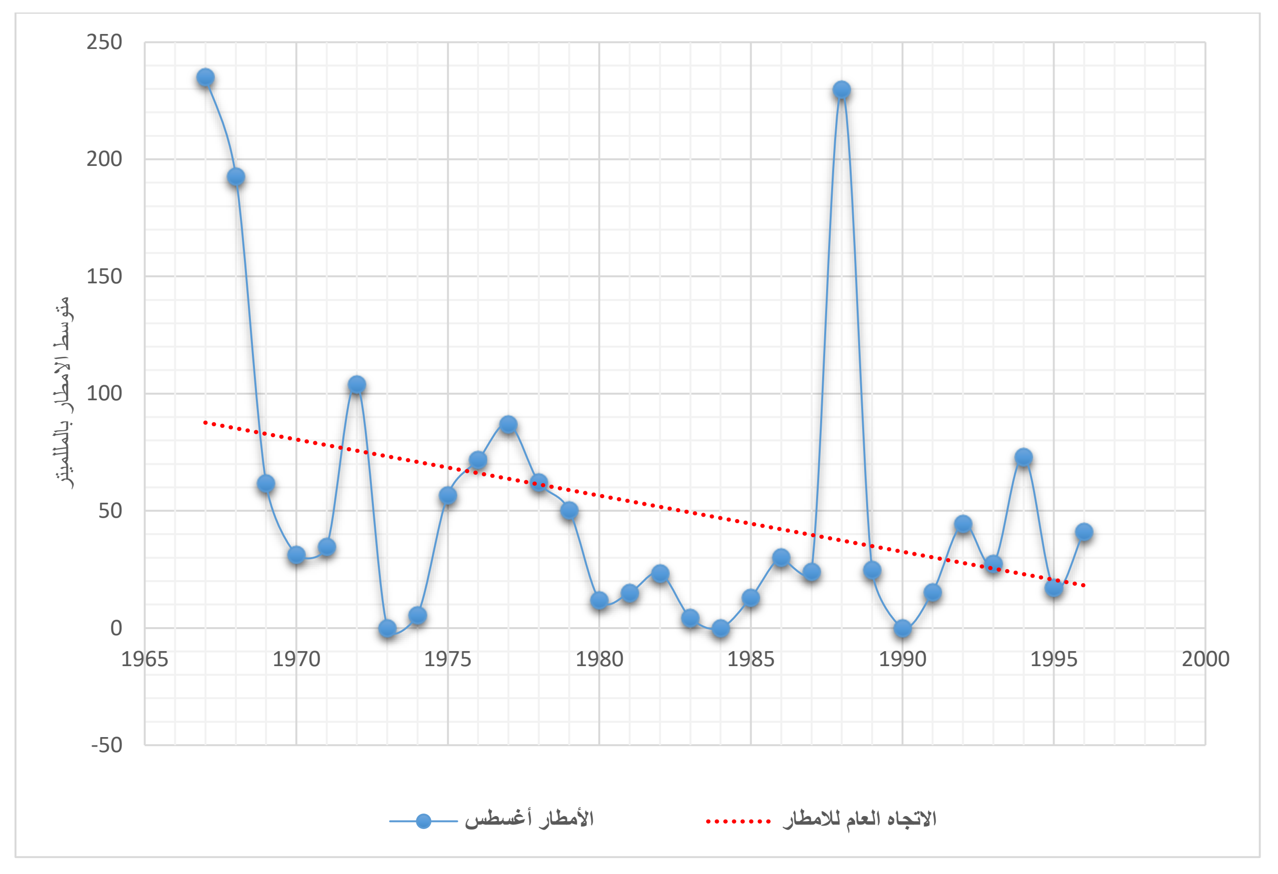
إن إحتمالية سقوط إمطار كميتها مابين 200 – 450 ملم تتراوح نسبتها بين 2 – 8%، وهي بهذا المعدل يمكن أن نطلق عليها أمطار غزيرة لأنها فاقت المتوسط العام، وإحتمالية حدوث أمطار كميتها تصل من 114 – 199 ملم نسبتها مابين 10 – 45% ويمكن أن نسميها في هذه الحالة أمطار متوسطة، أما إحتمالية سقوط أمطار مابين 4 – 113 ملم فهي كبيرة جداً تتراوح ما بين 47 – 98% وذلك لأنها لم تتعد المعدل السنوي للأمطار.

11-5الإتجاه العام للأمطار خلال فترة الدراسة

عند تحليل الإتجاه العام للأمطار بإستخدام السلاسل الزمنية - المتوسطات المتحركة - للفترتين من 1967-1996م و1987-2016م تلاحظ من خلال الشكل (5-11)أن الفترة الأولي أظهرت إتجاهاً نحو التناقص بينما أظهرت الفترة الثانية إتجاهاً نحو الزيادة حسب التمثيل البياني لمعدلات الأمطار في الشكل (5-12).أما الإتجاه العام للخمسين سنة من 1967-2016م فقد

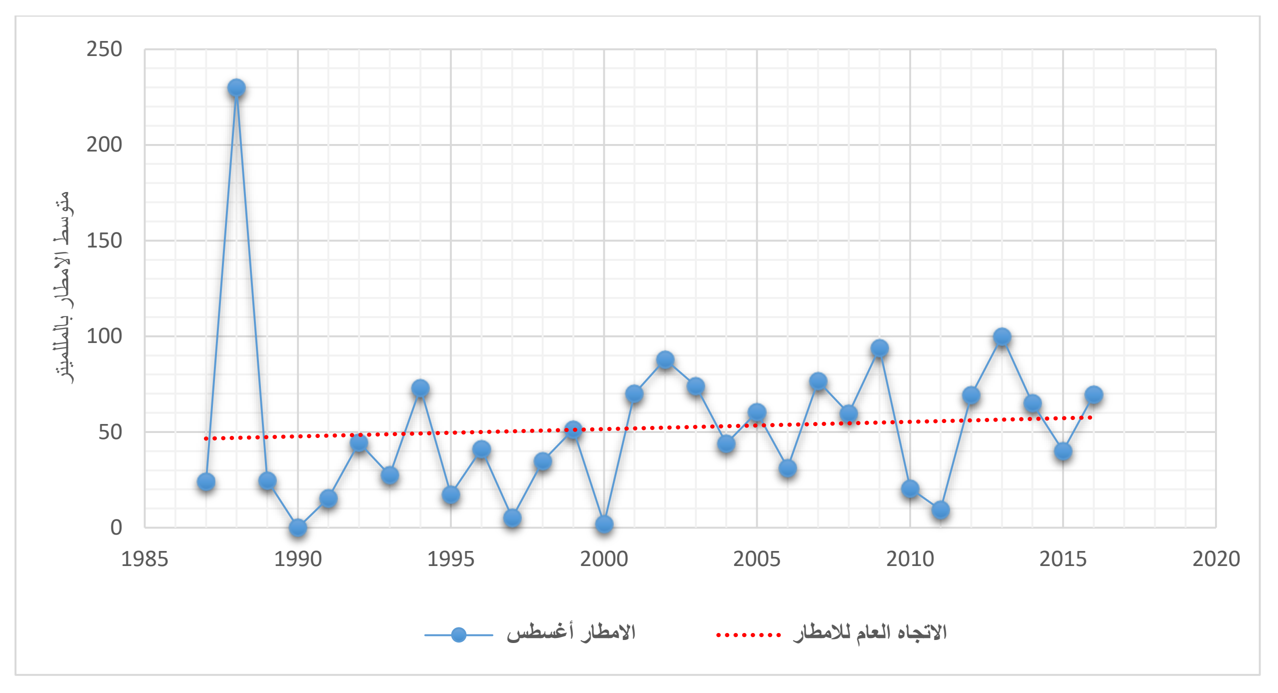
اظهر زيادة خلال السلسلة الزمنية تتخللها دورات للجفاف بصورة غير منتظمة كما في الشكل (5-13).

الشكل (5-11) يوضح الإتجاه العام للأمطار خلال شهر أغسطس من 1967-1996م



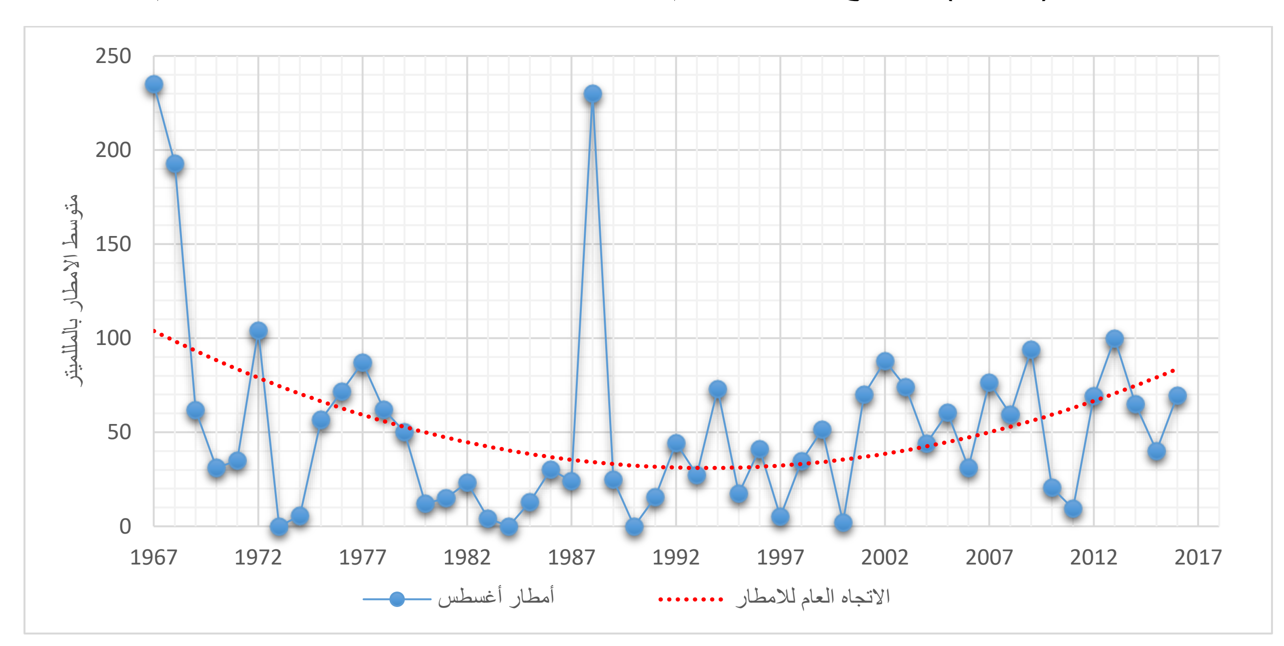
المصدر: عمل الباحث إعتماداً علي المعدلات المناخية للفترة من 1967-2016م

الشكل (5-12) يوضح الإتجاه العام للأمطار خلال شهر أغسطس من 1987-2016م



المصدر: عمل الباحث إعتماداً علي المعدلات المناخية للفترة من 1967-2016م

الشكل (5-13) يوضح الإتجاه العام للأمطار للفترة من 1967 – 2016م



المصدر: عمل الباحث إعتماداً علي المعدلات المناخية للفترة من 1967-2016م

مما سبق يتضح ان التباين الزمني في معدلات الامطار له علاقة وطيدة ببعض المتغيرات المناخية ذات الاثر الكبير في تشكيل مناخ منطقة الدارسة، فجبهة الالتقاء المدارية هي المسئولة بشكل اساسي عن الامطار والتي ترتبط بحركتها شمالاً، كما ان جبهة الالتقاء المدارية في حركتها وموقعها تتأثر بمنخفض السودان الموسمي فوق الاجزاء الشمالية والشمالية الشرقية للبلاد ،وتتأثر ايضاً بالتيار النفاث المداري الشرقي والذي يحدد تقدم جبهة الالتقاء المدارية شمالاً. ايضاً من خلال تحليل الاتجاه العام للفترة من 1967-2016م اظهر تزايداً طفيفاً في معدلات الامطار السنوية .

الفصل السادس

الخاتمة والتوصيات

1-6: الخاتمة

تناول البحث التباين الزمني لمعدلات الأمطار كدراسة تحليلية في ولاية الخرطوم وذلك من خلال إستخدام أساليب إحصائية ، وتناول أيضاً جغرافية منطقة الدراسة الطبيعية والبشرية، وأهم المتغيرات المناخية بمنطقة الدراسة. ثم تناول البحث دراسة الأمطار طبيعتها وتوزيعاتها علي المستوي الشهري والسنوي والفصلي ، والعلاقة بين الأمطار والمتغيرات المناخية لكل فترة زمنية محددة وقياس قوة العلاقة بينهما بالإيجاب أو السالب ، ثم تطرق البحث إلي تحليل فترة الرجوع وإحتمالية التجاوز لمعرفة نمط الأمطار واختتم البحث بالنتائج التي توصل إليها تباين الأمطار والمتغيرات المناخية إضافة لأهم التوصيات المقترحة.

2-6:النتائج

لقد أبرزت دراسة المتغيرات المناخية المؤثرة علي الأمطار بعض النتائج التي يمكن ذكرها في الاتي:

- يرتبط سقوط الأمطار في منطقة الدراسة بنظام هبوب الرياح الجنوبية الغربية الرطبة وحركة الفاصل المداري مما جعلها عرضة للزيادة أو النقصان.
- هناك علاقة إرتباطية وطيدة بين إرتفاع وإنخفاض درجات الحرارة والأمطار، لما لها من تأثير قوي علي توزيعات الضغط الجوي والرياح الرطبة وبالتالي تؤثر علي كمية الأمطار الساقطة في منطقة الدراسة.
- العلاقة بين درجة الحرارة وكمية الإشعاع الشمسي علاقة طردية موجبة وقوية وصلت إلي 0,72 في العام 1967 – 2016م عند مستوي دلالة معنوية 0,05.
- العلاقة بين الضغط الجوي والأمطار علاقة إرتباطية عكسية وقوية إذ أن إنخفاض الضغط الجوي في فصل الصيف يؤدي إلي تكوين المنخفضات الجوية الموسمية في الصحراء

الكبري وشرق السودان والتي بدورها تؤثر علي حركة الرياح الجنوبية الغربية الرطبة وهي المسؤولة عن حدوث الأمطار.

- العلاقة بين الرطوبة النسبية والأمطار علاقة إرتباطية طردية قوية بلغت 0,78 في الفترة من 1967-1996م وفي الفترة من 1987-2016م بلغت 0,86 خلال فترة الدراسة، فإرتفاع نسبة الرطوبة مقترن بإنخفاض درجة الحرارة في فصل المطر وزيادة نسبة الرطوبة في الجو.
- هناك علاقة موجبة بين معدلات الأمطار وعدد الأيام الممطرة أكثر من 1مللمتر وأكثر من 10ملمتر، وهي علاقة طردية بلغت 0,97 وهذا يدل علي أنه كلما زاد عدد الأيام الممطرة زادت كمية الأمطار.
- هنالك علاقة بين متوسط الأمطار ومعامل التغير في كمية الامطار، حيث أن التغيرات الشهرية والسنوية تزيد في الشهور من مارس وحتي مايو وتقل في شهر يوليو وأغسطس بإعتباره موسم المطر.
- العلاقة بين نسب التذبذب وكمية الأمطار علاقة عكسية حيث تقل نسبة التذبذب كلما زادت كمية الأمطار، حيث بلغت نسبة التذبذب 83% خلال الفترة من 1967-1996م و 70% في الفترة من 1987-2016م.
- يتضح من دراسة عامل الغطاء النباتي أن كثافته تزيد من نسبة الرطوبة عن طريق التبخر وعكسها قلة الغطاء النباتي تخفض من نسبة الرطوبة الجوية.
- إن الأمطار بمنطقة الدراسة تسلك سلوكاً دورياً غير منتظم ، فعند تتبع السلسلة الزمنية تظهر دورات مدتها قصيرة تتكرر كل سنتين إلي 3 سنوات وأخري طويلة تتكرر كل سبعة سنوات ، ودورات متوسطة مدتها كل 5 سنوات.
- تزداد طول فترات الرجوع بإزدياد كمية الأمطار التي تزيد من نسبة إحتمالية عدم التجاوز (نسبة تكرارها) ففي العام 1988م سقطت كمية أمطار مقدارها 447ملم في يوم واحد من

شهر أغسطس ،وهي كمية كبيرة جداً فاقت المعدل العام فتكرار حدوثها لا يتعدي نسبته 2%.

- ثبت أن 54% من سنوات الدراسة جاءت أمطارها دون المعدل ،و38% من هذه السنوات كانت أمطارها تفوق المعدل العام و8% فقط من سنوات الدراسة كانت فوق التوقعات وهذا يشير الي تباين كميات المطر طوال فترة الدراسة.

3-6:التوصيات:

بعد عرض نتائج الدراسة توصي الدراسة ببعض التوصيات التي قد تساعد في الأنشطة المختلفة من تلك التوصيات الاتي:

1- ضرورة إنشاء محطات رصد حديثة بمنطقة الدراسة لرصد ومتابعة عناصر المناخ.
2- إعادة تقييم محطات شبكات الإرصاد الجوية وتوزيعها بشكل يتناسب مع الفعاليات الأساسية لضمان قراءات أشمل وأدق عن الأمطار والعناصر الأخري.
3- الإستفادة من خدمات الأقمار الصناعية والعمل علي تبادل المعلومات مع الدول الأخري لسد ثغرات المعلومات المفقودة.
4- توفير البيانات المناخية للدارسين وتسهيل الحصول عليها وإعفاء الباحيثن الأكاديميين من دفع الرسوم الباهظة للحصول عليها.
5- إنشاء موقع إلكتروني يحتوي علي البيانات المناخية لتزويد الباحثين بالمعلومات المطلوبة للدراسات المناخية المختلفة.
6- إجراء مزيد من الدراسات المناخية وخاصة عنصر المطر بإستخدام طرق وأساليب حديثة.

المراجع العربية:

1- القرءآن الكريم

2- أبوسن، محمد الهادي وديفز(1991م): **مستقبل إقليم عاصمة السودان – دراسة في التنمية والتغير**، ترجمة منير طه، دار جامعة الخرطوم للنشر.

3- أبوراضي، فتحى عبد العزيز (2000م)"**مقدمة في الاساليب الكمية في الجغرافيا**" دار المعارف الجامعية، الاسكندرية.

4- أبو العينين، حسن سيد (1988م) "**أصول الجغرافيا المناخية**" الطبعة السادسة مؤسسة الثقافة الجامعية للطبع والنشر ، ،الاسكندرية.

5- التوم،مهدى أمين(1974م) "**مناخ السودان**"،معهد البحوث والدراسات العربية.

6- التوم،مهدى أمين(1986م)" **مبادئ الجغرافيا المناخية**" ،دار جامعة الخرطوم للنشر، مطبعة جامعة الخرطوم.

7- آدم،حسين سليمان(1996م)"**المناخ الزراعي**" دار جامعة الجزيرة للطباعة والنشر، ود مدني.

8- إسماعيل، أنور فتح الله(بدون تاريخ)"**الجفاف المناخي**" سلسلة الدراسات المناخية.

9- الجبوري، سلام هاتف أحمد (2014م)"**علم المناخ التطبيقي**"الطبعة الاولي،جامعة بغداد.

10- السامرائي، قصي عبد المجيد(2008م) "**المناخ والأقاليم المناخية**" دار اليازوري العلمية للنشر والتوزيع، الاردن.

11- الشواورة، علي سالم (2012م)"**جغرافية علم المناخ والطقس**"الطبعة الاولي،دار المسيرة للنشر والتوزيع والطباعة، عمان.

12- الشيخ،أحمد (2004م)"**الارصاد الجوية**" جامعة المنصورة.

13- الإحيدب، إبراهيم بن سليمان (2003م)"**المناخ والحياة،دراسة في المناخ التطبيقي**" مكتبة الملك فهد الوطنية، الرياض.

14- الإحيدب، إبراهيم بن سليمان (بدون تاريخ) "**المدخل الي الطقس والمناخ والجغرافيا المناخية**" الرياض.

15- العزاوي،علي عبد عباس (2017م)"**الأساليب الكمية الإحصائية في الجغرافية**" دار اليازوري العلمية للنشر والتوزيع، عمان.

16- المنظمة العربية للتنمية الزراعية(1977م)"**السودان**"، الخرطوم.

17- الهيئة العامة للإرصاد الجوية السودانية(2017م)"**المعدلات المناخية في الفترة من 1967 – 2017م**" ، الخرطوم.

18- حبيب،عزيز محمد(1972م)"**السودان دراسات طبيعية واقتصادية**"مكتبة الانجلو المصرية، الجزء الاول.
19- شرف،عبد العزيز طريح (1961م) "**الجغرافيا المناخية والنباتية**"، الطبعة الثالثة ، مؤسسة الثقافة الجامعية بالإسكندرية.
20- شيميري،لور ترجمة زينب منعم(2014م)"**المناخ**" الطبعة الأولي،المجلة العربية، العدد 150،الرياض.
21- الشامي،صلاح الدين علي(1973م)"**السودان دراسة جغرافية**"منشأة المعارف، الاسكندرية، الطبعة الثانية.
22- عبد الله ،إسماعيل محمد فنقاما،(2015م) "**المناخ الحيوي والظواهر الطبيعية**"الطبعة الاولي، دار جامعة السودان للنشروالطباعة والتوزيع.
23- غانم، علي احمد (2010م) "**المناخ التطبيقي**" الطبعة الأولي، دار المسيرة للنشر والتوزيع والطباعة، عمان.
24- فايد، يوسف عبد الحميد(1989م)"**جغرافية المناخ والنبات**"، دار الفكر العربي، دمشق.
25- كربل ،عبد الاله رزوقي وماجد السيد ولي محمد (1986م) "**علم الطقس والمناخ**" جامعة البصرة.
26- مصطفي، الطيب موسي(1989م) طبيعة وضوابط التساقط في السودان،وزارة الدفاع،قسم الارصاد الجوي،السودان.
27- موسي، علي (1982م) "**الوجيز في المناخ التطبيقي**" دار الفكر،دمشق
28- موسي،على حسن (1990م)" **المناخ الاقليمي**"،مطبعة الإتحاد،دمشق
29- موسي،على حسن (1994م)" **أساسيات علم المناخ**"،دار الفكر،دمشق.
30- موسي، علي حسن(2002م) "**المناخ الحيوي**"،الطبعة الاولي،نينوي للدراسات والنشر والتوزيع ،سوريا ،دمشق.
31- هلالي،فهمي ابو العطا(1970م)"**الطقس والمناخ**"، الطبعة الثالثة، دار المعرفة الجامعية الجامعية، الاسكندرية.

المراجع الإنجليزية:

1- Ahmed, b (1982)"A study of the climate of the Sudan with special reference to agriculture", UN published Ph.D. Thesis **University of Durham, U.K**.

2- Ali.A.M(1986)**"Forecasting of dust storms generating Connective system in the sudan with aid of satellite picture,**meteorological abstracts,sudan meteorological authority,khartoum"

3- Barret, E.C (1971)"Climatology from satellites", **Methuen, London.**

4- Barry, R.G and Chorley (1969)"Atmosphere weather and climate", **Methuen, London**.

5- Bhalotra, Y.P.K (1963)"The meteorology of Sudan", **memoir No.6, Sudan meteorological service, Khartoum.**

6- Critichfield(1971)"General Climatology", **Prentiechall,Inc, Englewood cliffs, Newgersey (1-155)**

7- Harrison, M. N and Jakson, J. K. (1958). **Ecological Classification of the Vegetation of the Sudan.** Khartoum: Forest Department.

8- Eltom, M.A (1969)"Statistical analysis of rainfalls over Sudan", **Geographical Journal Vol.135, 378-87**.

9- EL-TOM, M. A. (1972, June). **The Nature of Rainfall Over The Sudan and The Potentionalities for Artificial Modification**. Khartoum.Sudan Research Unit.

10- Kotes waram, E (1958)"The easterly Jetstream in the tropics", **Tellus, Volume 10, No.1**.

11- Solot, S.B (1950)"General circulation over the Anglo-Egyptian Sudan and adjacent regions", **Bulletin of the American, meteorological soc.13, 85-94.**

12- Strahler, A.N (1969)"**An introduction to physical geography", 3rd edition, john Wiley, New York**.

13- Trewartha (1968) **"Fundamental of physical geography**" 4th ed,mc grow,Hill.NY.

14- Costas G. Helmis ، Panagiotis T. Nastos (2012)" Advances in Meteorology, Climatology and Atmospheric Physics" Volume2, Springer.Berlin.

15- H.von Storch A.Navarra (1995)" **Analysis of Climate Variability Applications of Statistical Techniques"** Springer.Berlin.

16- Russell D. Thompson and Allen Perry (1997)"**Applied Climatology** "Routledge, London.

الرسائل الجامعية والمجلات العلمية والدوريات:

1- إبراهيم ،محمد محمد عبد العال(2012م)، **التغيرات المناخية لأمطار السواحل المصرية- دراسة في الجغرافيا المناخية**،رسالة دكتوراة،جامعة المنصورة.

2- أبوزيد،محمد صدقة،**خصائص الأمطار في الجزء الأوسط من غربي المملكة العربية السعودية**،مجلة جامعة الملك عبد العزيز(2006م) المجلد 14 .

3- إسماعيل،أنور فتح الله(بدون تاريخ) **الجفاف المناخي**، سلسلة الدراسات المناخية**.**

4- أحمد، محمد فتح الله (2007م)، **جيومورفولوجية بعض الأودية الموسمية شرق وغرب نهر النيل بولاية الخرطوم**. رسالة ماجستير ، جامعة الخرطوم ، كلية الآداب.

5- الإمام عمر الإمام(2010م)، المناخ **واثره في تحديد الشعور البشري بالراحة في منطقة البحر الأحمر(**مدينتا بورتسودان وأركوي أنموذجاً**)**، رسالة دكتوراة، جامعة الخرطوم.

6- البشير الطاهر، **الاتجاه العام لمعدلات الأمطار ودوره في حدوث ظاهرة التصحر بمنطقة سهل الجفارة،** المجلة الجامعية (2015م) العدد السابع عشر ،المجلد الثانى.

7- الشجيري، عمر حمدان عبد الله،(2019م) **أثر الذبذبات الضغطية في تغير أنماط الجو العليا وعلاقتهما بالجفاف المناخي في العراق(دراسة في علم المناخ الشمولي والإرتباط عن بعد)** رسالة دكتوراة،جامعة بغداد.

8- الصالح،محمد عبد الله، **التوزيع الزماني والمكاني للأمطار في مدينة الرياض**،(1997م) مجلة جامعة الكويت، العدد 203.

9- الصول،أبوبكر علي سليمان(2007م)، التذبذب والتباين في معدلات الأمطار بشعبية مصراتة وإمكانية إستغلالها،رسالة ماجستير،جامعة السابع من إكتوبر.

10- اللوح،حسن عبد الكريم حسن(2017م)، **التذبذب الزمني والمكاني للأمطار في الضفة الغربية وقطاع غزة خلال الفترة من 1995-2014م**،رسالة ماجستير، الجامعة الإسلامية.

11- اللوح،منصور نصر، **العلاقة بين الأمطار وبعض المتغيرات الجوية والطبيعية في الضفة الغربية فلسطين)** .مجلة الجامعة الإسلامية,(2004م) المجلد الثاني عشر.

12- بوروبة محمد فضيل، **التحليل التكراري والتباينات المكانية لتوزيع الأمطار في حوض شط الحضنة (التل الشرقي– الجزائر ،)(2002م)** مجلة جامعة الكويت ، العدد 268.

13- حسان،وليد عباس عبد الراضي (2009م)،**التغير في بعض عناصر المناخ بدلتا النيل خلال القرن العشرين-** دراسة بإستخدام نظم المعلومات الجغرافية.رسالة ماجستير،جامعة عين شمس.

14- خضر ,الصائم فضل الله ، **(الاهتداء لمعرفة الأرض والهواء)** .الخرطوم (2002) **.** مطبعة الآرصاد الجوية.

15- ديوان الحكم الاتحادي،**موسوعة ولاية الخرطوم** ،(2017م) الخرطوم.

16- شير،طه رؤوف، ***الإنحرافات السنوية في كميات الأمطار المتساقطة علي العراق عن معدلاتها العامة خلال المدة 1971 – 2000م،*** مجلة ديالي (2012م) كلية التربية للعلوم الانسانية.

17- صيام نادر،**دراسة إحصائية تحليلية لاتجاهات الأمطار في بعض المواقع في سوريا، (1998م)** مجلة جامعة دمشق ، المجلد 14 ، العدد الثاني.

18- عادل بلال،هدي بدر، **التغير المناخى والموارد المائية في محافظة نينوى** ،مجلة جامعة دمشق (2012م) العدد الاول، المجلد الثامن والعشرون.

19- عبد العزيز عبد اللطيف،(2002م) **الإتجاهات الحديثة في المناخ التطبيقي،** جامعة عين شمس، المجلد 30.

20- فرح،هاجر حميدة سليمان(2009م)، **أبعاد ومشكلات المياه الحضرية بولاية الخرطوم في الفترة من 2001-2006م**،رسالة دكتوراة، جامعة الخرطوم.

21- مثني فاضل الوائلي،**تحليل جغرافي لحالات (التغير،التذبذب، الاتجاه،التطرف)** في أمطار محافظة النجف الأشرف،مجلة مداد الاداب(2018م) الجامعة العراقية

22- محمد، فاطمة إبراهيم عبد الله (2013م)، **النمو السكاني والعوامل المؤثرة في الخدمات الصحية بولاية الخرطوم** ، رسالة دكتوراه غير منشورة، جامعة الخرطوم.

23- محمد , طه رؤوف (بدون تاريخ) ***التباينات والإحتمالات السنوية لأمطار المنطقة المتموجة من العراق*** . مجلة كلية الأداب.

24- محمد، ليث محمود (1986م) **"موقع التيار النفاث واثره في منخفضات وامطار العراق"** جامعة بغداد، كلية الاداب، قسم الجغرافيا.

25- منظمة الأغذية والزراعة للأمم المتحدة،(2016م) **حالة الغابات في العالم**، روما

26- نعمان شحادة، **الاتجاهات العامة للأمطار في الاردن**، الجامعة الاردنية(بدون تاريخ)

27- وزارة الثقافة والإعلام،(1974م) **مديرية الخرطوم - أرضية التغيير**، ، الطابعون مؤسسة القرشي للإعلان والطباعة (ببلستي).